

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES**



**Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie**

**Mémoire de fin d'études**

**En vue de l'obtention du diplôme :**

**MASTER**

Présenté par :

**BENDJOUDI Missipsa**

**BOUANANI Mohand Cherif**

**Filière :** Hydrocarbures

**Option :** Commande Automatique

**Thème**

---

**Automatisation du poste de récupération et traitement des saumures à l'aide d'un API S7-300**

---

**Devant le jury:**

<b>M<sup>r</sup> A. BENHALLA</b>	<b>MC/A</b>	<b>UMBB</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>r</sup> M. BOUMEDINE</b>	<b>MC/B</b>	<b>UMBB</b>	<b>Encadreur</b>
<b>M<sup>r</sup> A. CHAIB</b>	<b>MC/A</b>	<b>UMBB</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>me</sup> D. ACHELI</b>	<b>Professeur</b>	<b>UMBB</b>	<b>Examinatrice</b>

## *Remerciements*

*On tient à remercier Dieu de nous avoir donnés le courage et la patience afin que ce travail puisse voir le jour.*

*Nos remerciements sont adressés à :*

*Notre promoteur, Monsieur BOUMEDINE, pour sa précieuse recommandation, ses conseils et son orientation.*

*On remercie également l'ensemble du personnel de maintenance de CEVITAL, en particulier Monsieur Kamal MABROUK, notre encadreur et chef de service, Monsieur NAIT BELAID Yacine et Monsieur MEDDOURI Saci, ingénieurs en instrumentation et en automatisation, ainsi que tout le personnel de la raffinerie du sucre spécialement Monsieur Hocine.*

*Enfin On tient à exprimer nos profonds remerciements à tous ceux qui nous ont soutenus de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.*

# *Dédicaces*

*A la femme la plus courageuse, sensible, généreuse, à celle qui a su me donner amour et joie de vivre, à celle qui a toujours montrée affection et compréhension à mon égard, ma mère que j'aime.*

*A l'homme de courage et de force, à celui qui a toujours été présent, qui m'a appris les vraies valeurs de la vie à celui qui m'a soutenu en toutes circonstances, mon père que j'aime.*

*A ceux qui m'ont aidé et m'ont donné joie et bonheur :*

*Ma grande sœur Fahima, son mari M<sup>d</sup> Seghir et leurs enfants Yacine, Hocine, Lilya et la petite Baya.*

*Mon grand frère Fadhel, sa femme Saloua et leur adorable fils Axil.*

*Ma sœur Siham, son mari Mourad et leur adorable fils Yanis.*

*Mes frères Bouzid et le petit Fouad.*

*Ma sœur Nadira.*

*Mes cousins en particulier M<sup>d</sup> Oussaid, Abdelali, Riad, Kousseila.*

*Mes oncles Madjid, Hanafi, M<sup>d</sup> Oussaadi, Ahmed et leurs familles.*

*Mes tantes et leurs familles.*

*Mon binôme et cher ami Missipsa et toute sa famille.*

*Aux familles BOUANANI et FENICHE.*

*A mes amis les plus fidèles.*

*A la mémoire de notre collègue Nassima BENOVARAB.*

*A ceux que j'ai eu la chance de connaître, dans les meilleurs et pires moments de ma vie.*

*A tous ceux que j'aime, à tous ceux qui m'aiment, je dédie ce modeste travail.*

# *Dédicaces*

*A la femme la plus courageuse, sensible, généreuse, à celle qui a su me donner amour et joie de vivre, à celle qui a toujours montrée affection et compréhension à mon égard, ma mère que j'aime.*

*A l'homme de courage et de force, à celui qui a toujours été présent, qui m'a appris les vraies valeurs de la vie à celui qui m'a soutenu en toutes circonstances, mon père que j'aime.*

*A ceux qui m'ont aidé et m'ont donné joie et bonheur :*

*Ma grande sœur Fahima, son mari M<sup>d</sup> Seghir et leurs enfants Yacine, Hocine, Lilya et la petite Baya.*

*Mon grand frère Fadhel, sa femme Saloua et leur adorable fils Axil.*

*Ma sœur Siham, son mari Mourad et leur adorable fils Yanis.*

*Mes frères Bouzid et le petit Fouad.*

*Ma sœur Nadira.*

*Mes cousins en particulier M<sup>d</sup> Oussaid, Abdelali, Riad, Kousseila.*

*Mes oncles Madjid, Hanafi, M<sup>d</sup> Oussaadi, Ahmed et leurs familles.*

*Mes tantes et leurs familles.*

*Mon binôme et cher ami Missipsa et toute sa famille.*

*Aux familles BOUANANI et FENICHE.*

*A mes amis les plus fidèles.*

*A la mémoire de notre collègue Nassima BENOVARAB.*

*A ceux que j'ai eu la chance de connaître, dans les meilleurs et pires moments de ma vie.*

*A tous ceux que j'aime, à tous ceux qui m'aiment, je dédie ce modeste travail.*

# *Dédicaces*

*A la femme la plus courageuse, sensible, généreuse, à celle qui a su me donner amour et joie de vivre, à celle qui a toujours montrée affection et compréhension à mon égard, ma mère que j'aime.*

*A l'homme de courage et de force, à celui qui a toujours été présent, qui m'a appris les vraies valeurs de la vie à celui qui m'a soutenu en toutes circonstances, mon père que j'aime.*

*A la mémoire de ma grand-mère.*

*A ceux qui m'ont aidé et m'ont donné joie et bonheur :*

*Ma sœur Tilleli et son fiancé Salim.*

*Mon grand frère Ali et mon petit frère Kousseila.*

*Mon oncle Fateh, sa femme Noura et leurs enfants Rida, Nadjim et Lydia.*

*Mon oncle Yazid, sa femme Nadia et leurs enfants Kenza et la petite adorable Zahoua.*

*Mon oncle Kacem, sa femme Malika et leurs fils Nacim et Iyes.*

*Mes tantes Yamina et Khoukha et leurs familles.*

*Mon binôme et cher ami Cherif et toute sa famille.*

*Aux familles BENDJOUDI et ATSI.*

*A mes amis les plus fidèles.*

*A la mémoire de notre collègue Nassima BENOVARAB.*

*A ceux que j'ai eu la chance de connaître, dans les meilleurs et pires moments de ma vie.*

*A tous ceux que j'aime, à tous ceux qui m'aiment, je dédie ce modeste travail.*

# ***SOMMAIRE***

## **Liste des figures**

**Introduction générale..... 1**

**Présentation du complexe CEVITAL ..... 3**

### **CHAPITRE I : Aspect process de traitement du sucre**

**I.1 Introduction..... 7**

**I.2 Généralités sur le sucre ..... 7**

**I.2.1 Composition et structure du sucre ..... 7**

**I.2.2 Le sucre blanc et le sucre roux ..... 7**

**I.3 Présentation du pôle sucre et ses différentes sections ..... 8**

**I.3.1 Section 1 : Affinage et refonte ..... 9**

**I.3.2 Section 2 : Carbonatation ..... 9**

**I.3.3 Section 3 : Filtration ..... 9**

**I.3.4 Section 4 : Décoloration ..... 9**

**I.3.5 Section 5 : Concentration ..... 10**

**I.3.6 Section 6 : Cristallisation haute pureté ..... 10**

**I.3.7 Section 7 : Turbines hautes puretés ..... 10**

**I.3.8 Section 8 : Séchage ..... 10**

**I.3.9 Section 9 : Stockage et maturation ..... 10**

**I.3.10 Section 10 : Conditionnement ..... 11**

**I.3 Description de la section de décoloration ..... 11**

**I.3.1 Le poste de décoloration ..... 11**

**I.3.2 Le poste de récupération et de traitement des saumures ..... 12**

**I.4 Conclusion ..... 12**

### **CHAPITRE II : Instrumentation et Analyse fonctionnelle**

**II.1 Introduction ..... 13**

**II.2 Instrumentation ..... 13**

**II.2.1 Capteurs -Transmetteurs ..... 13**

**II.2.2 Actionneurs ..... 17**

**II.2.3 Pré-actionneurs ..... 21**

**II.2.4 Equipements ..... 24**

<b>II.3</b>	Analyse fonctionnelle .....	<b>26</b>
<b>II.3.1</b>	Récupération et concentration .....	<b>26</b>
<b>II.3.2</b>	Nano-filtration .....	<b>29</b>
<b>II.4</b>	Conclusion .....	<b>32</b>

### **CHAPITRE III : Automate Programmable Industriel S7-300**

<b>III.1</b>	Introduction .....	<b>33</b>
<b>III.2</b>	Présentation de l'automate .....	<b>33</b>
<b>III.2.1</b>	Définition d'un automate .....	<b>33</b>
<b>III.2.2</b>	Description des éléments d'un API .....	<b>34</b>
<b>III.2.3</b>	Le critère de choix d'un automate .....	<b>35</b>
<b>III.3</b>	Présentation de l'automate S7-300 .....	<b>36</b>
<b>III.3.1</b>	Qu'est-ce qu'un automate S7-300 ? .....	<b>36</b>
<b>III.3.2</b>	Constitution de l'automate S7-300 .....	<b>36</b>
<b>III.3.3</b>	Description des éléments de l'automate S7-300 .....	<b>37</b>
<b>III.3.4</b>	Caractéristiques techniques de S7-300 .....	<b>40</b>
<b>III.3.5</b>	Fonctionnement .....	<b>40</b>
<b>III.3.6</b>	Avantages .....	<b>41</b>
<b>III.4</b>	Conclusion .....	<b>42</b>

### **CHAPITRE IV : Programmation avec STEP7**

<b>IV.1</b>	Introduction .....	<b>43</b>
<b>IV.2</b>	Présentation du logiciel de programmation STEP7 .....	<b>43</b>
<b>IV.2.1</b>	Qu'est-ce que le STEP7 ? .....	<b>43</b>
<b>IV.2.2</b>	Différentes applications du STEP7 .....	<b>43</b>
<b>IV.2.3</b>	Langage de programmation de STEP7 .....	<b>44</b>
<b>IV.2.4</b>	Structuration de programme .....	<b>45</b>
<b>IV.3</b>	Création d'un programme utilisateur sous STEP7 .....	<b>48</b>
<b>IV.3.1</b>	Création du projet .....	<b>48</b>
<b>IV.3.2</b>	Configuration matérielle .....	<b>51</b>
<b>IV.4</b>	Table des mnémoniques .....	<b>52</b>
<b>IV.5</b>	Elaboration du programme sous STEP7 .....	<b>54</b>
<b>IV.6</b>	Simulation du programme avec PLCSIM .....	<b>61</b>
<b>IV.6.1</b>	Présentation du S7-PLCSIM .....	<b>61</b>

IV.6.2	Mise en route du logiciel S7-PLCSIM .....	61
IV.6.3	Simulation du programme de l'unité .....	62
IV.7	Conclusion .....	63

## **CHAPITRE V : Supervision sous WinCC flexible**

V.1	Introduction .....	64
V.2	Généralités sur la supervision .....	64
V.2.1	Qu'est-ce que la supervision ? .....	64
V.2.2	Avantages de la supervision .....	65
V.3	Présentation du logiciel de supervision WinCC flexible .....	65
V.3.1	Les tâches d'un système IHM .....	65
V.3.2	Utilisation et application de WinCC flexible .....	66
V.4	Création du projet sur WinCC flexible .....	67
V.4.1	Configuration de WinCC flexible .....	67
V.4.2	Présentation de la fenêtre de WinCC flexible .....	68
V.4.3	Éléments de WinCC flexible .....	69
V.4.4	Création des vues .....	70
V.5	Supervision et simulation du projet .....	71
V.5.1	WinCC flexible Runtime .....	71
V.5.2	Descriptions et aperçu des différentes vues .....	71
V.6	Conclusion .....	76
	<b>Conclusion générale</b> .....	<b>77</b>

### **Bibliographie**

### **Annexe**



# Liste des figures

## Présentation du complexe CEVITAL

**Figure 1** : Plan de masse du complexe CEVITAL ..... 4

**Figure 2** : Organigramme du complexe CEVITAL ..... 6

### CHAPITRE I : Aspect process de traitement du sucre

**Figure I.1** : La différence entre le sucre roux et le sucre blanc ..... 7

**Figure I.2** : Schéma du processus de raffinage ..... 8

### CHAPITRE II : Instrumentation et Analyse fonctionnelle

**Figure II.1** : Sonde de température PT100..... 14

**Figure II.2** : Capteur de niveau Flotteur ..... 15

**Figure II.3** : Capteur de pression ..... 16

**Figure II.4** : Transmetteur de température « 3144P-ROSEMOUNT»..... 16

**Figure II.5** : Transmetteur de pression « 2088-ROSEMOUNT » ..... 17

**Figure II.6** : Vanne TOR ..... 18

**Figure II.7** : Vanne régulatrice ..... 19

**Figure II.8** : Pompe centrifuge ..... 19

**Figure II.9** : Moteur électrique asynchrone ..... 20

**Figure II.10** : Groupe moto-ventilateur ..... 20

**Figure II.11** : Relai thermique ..... 21

**Figure II.12** : Contacteur ..... 21

**Figure II.13** : Disjoncteur ..... 22

**Figure II.14** : Illustration d'une électrovanne ..... 23

**Figure II.15** : Distributeur ..... 23

**Figure II.16** : Echangeur de chaleur ..... 24

**Figure II.17** : Aéroréfrigérant ..... 25

**Figure II.18** : Membranes ..... 25

**Figure II.17** : Organigramme fonctionnel de l'unité récupération et concentration ..... 26

**Figure II.18** : Organigramme fonctionnel de l'unité nana-filtration ..... 29

### CHAPITRE III : Automate Programmable Industriel S7-300

**Figure III.1** : Automate programmable industriel SEIMENS ..... 34

**Figure III.2** : Constituants externe de l'automate S7-300 ..... 36

**Figure III.3** : Illustration des modules d'entrées/sorties ..... 39

## CHAPITRE IV : Programmation avec STEP7

<b>Figure IV.1</b> : Fenêtre de création du projet .....	<b>49</b>
<b>Figure IV.2</b> : Fenêtre de choix de la CPU .....	<b>49</b>
<b>Figure IV.3</b> : Fenêtre de choix des blocs et du langage .....	<b>50</b>
<b>Figure IV.4</b> : Fenêtre de nomination du projet .....	<b>51</b>
<b>Figure IV.5</b> : Configuration matérielle .....	<b>52</b>
<b>Figure IV.6</b> : Table des Mnémoniques .....	<b>53</b>
<b>Figure IV.7</b> : Tableau d'affectation .....	<b>54</b>
<b>Figure IV.8</b> : Structure hiérarchique des blocs du modèle élaboré.....	<b>55</b>
<b>Figure IV.9</b> : Exemple de programmation d'une étape de la ligne concentration .....	<b>56</b>
<b>Figure IV.10</b> : Exemple de programmation d'une étape de la ligne nano-filtration .....	<b>56</b>
<b>Figure IV.11</b> : Exemple de mise à l'échelle .....	<b>57</b>
<b>Figure IV.12</b> : Exemple de Programmation d'une vanne TOR .....	<b>57</b>
<b>Figure IV.13</b> : Exemple de programmation d'un mode de fonctionnement .....	<b>58</b>
<b>Figure IV.14</b> : Exemple de programmation d'un moteur .....	<b>58</b>
<b>Figure IV.15</b> : Exemple d'arrêt d'urgence et défaut d'une vanne .....	<b>59</b>
<b>Figure IV.16</b> : Bloc d'organisation OB1 .....	<b>59</b>
<b>Figure IV.17</b> : Exemple de programmation d'un bloc PID .....	<b>60</b>
<b>Figure IV.18</b> : Simulation d'une étape de la ligne nano-filtration .....	<b>62</b>
<b>Figure IV.19</b> : Simulation de défaut de la pompe P4502.....	<b>63</b>

## CHAPITRE V : Supervision sous WinCC flexible

<b>Figure V.1</b> : Intégration du projet dans l'environnement SIMATIC .....	<b>68</b>
<b>Figure V.2</b> : Présentation de la fenêtre WinCC flexible .....	<b>69</b>
<b>Figure V.3</b> : Présentation de la fenêtre d'accueil du projet .....	<b>71</b>
<b>Figure V.4</b> : Synoptique de l'étape N°03 de la ligne concentration .....	<b>72</b>
<b>Figure V.5</b> : Synoptique de l'étape N°05 de la ligne concentration .....	<b>73</b>
<b>Figure V.6</b> : Synoptique de l'étape N°02 de la ligne nano-filtration .....	<b>73</b>
<b>Figure V.7</b> : Synoptique de l'étape N°03 de la ligne nano-filtration .....	<b>74</b>
<b>Figure V.8</b> : Synoptique d'alarmes .....	<b>74</b>
<b>Figure V.9</b> : Synoptique des différents paramètres .....	<b>75</b>
<b>Figure V.10</b> : Synoptique des courbes .....	<b>76</b>

# INTRODUCTION GENERALE

Devant la compétitivité croissante et de plus en plus dure que subissent les entreprises industrielles, dans des domaines très importants comme la mécanique, l'informatique et l'automatisation..., les industriels doivent garder leurs outils de production performants et fiables, car cela reflète parfaitement leurs aptitude à affronter le marché international.

Aujourd'hui, il serait difficile de concevoir un système de production sans avoir recours aux différentes technologies et composants qui forment les Systèmes Automatisés de Production, car ces derniers rendent la capacité de production très élevée dans tous les domaines industriels en fournissant un produit de qualité.

Les automates programmables industriels répondent aujourd'hui à toutes les exigences de l'industrie.

Le SIMATIC constitue une vaste plateforme d'automatisation offrant des solutions à des problèmes complexes pour tous les secteurs d'activité. Le logiciel STEP7 a été conçu dans un souci d'homogénéité et de complémentarité avec un système de contrôle et de commande, offrant des fonctions conviviales de conduite et de simulation du processus, ce qui simplifie d'une manière considérable la mise en œuvre de nombreuses caractéristiques du système de commande, notamment la gestion de base de données communes.

La raffinerie du sucre de CEVITAL est un exemple d'automatisation des systèmes de production en Algérie. Dans tout le processus de sa production, de la raffinerie jusqu'à son conditionnement, les différentes étapes de raffinage du sucre sont assurées par un matériel industriel automatisé où l'intervention humaine est réduite à la surveillance des différents paramètres des machines qui assure le bon fonctionnement de la chaîne de production.

Dans notre travail, nous nous sommes intéressés à la section de décoloration, plus précisément au poste de récupération et traitement des saumures de régénération, dans lequel le système de commande actuel présente des difficultés pour le service de maintenance.

- **Problématique**

Cependant l'automatisation du poste de récupération et traitement des saumures de régénération existe mais elle n'est pas fonctionnelle. Ceci est dû en partie à la commande de certains actionneurs, certaines étapes de fonctionnement sont by passées.

- **Solution projetée**

On est amené à concevoir un système de commande à base d'un automate programmable industriel (API) S7-300 de la firme SIEMENS qui va commander et gérer la fonction d'automatisation du poste de récupération et traitement des saumures.

- **Contraintes**

On ne pouvait pas faire des essais sur la commande existante et voir éventuellement le problème du saut d'étapes.

Dans le cadre de la réalisation de notre projet intitulé « automatisation du poste de récupération et traitement des saumures à l'aide d'un API S7-300 », nous avons élaboré le plan de travail suivant :

- ✓ Dans le premier chapitre, nous présentons les différentes sections de la raffinerie du sucre et en particulier la section de décoloration.

- ✓ Le deuxième chapitre est consacré à la présentation des différents instruments utilisés dans le poste de récupération et de traitement des saumures ainsi que son analyse fonctionnelle.

- ✓ Le troisième chapitre consiste à présenter l'automate programmable industriels plus précisément le S7-300, ainsi que les modalités de son choix.

- ✓ Le quatrième chapitre comporte des généralités sur STEP7, le programme d'automatisation du poste et la simulation avec PLCSIM.

- ✓ Le dernier chapitre est consacré au développement d'un système de supervision et de contrôle sous WinCC flexible.

Notre travail sera clôturé par une conclusion générale.

**AVANT  
PROPOS**

# **DESCRIPTION DE L'ENTREPRISE**

**❖ Historique**

CEVITAL SPA, est parmi les entreprises algériennes qui ont vu le jour dès l'entrée de notre pays en économie de marché. Elle a été créée par des fonds privés en 1998. Son complexe de production se situe dans le port de Bejaia et s'étale sur une superficie de 45000 m<sup>2</sup>.

Le complexe contribue largement au développement de l'industrie agroalimentaire nationale, son but est de satisfaire le marché national et exporter le surplus, en offrant une large gamme de produit de qualité.

Les nouvelles données économiques nationales dans le marché agroalimentaire font que les meilleurs sont ceux qui maîtrisent d'une façon efficace et optimale les coûts, les charges et ceux qui offrent le meilleur rapport qualité/prix. Ceci est nécessaire pour s'imposer sur les marchés que CEVITAL négocie avec les grandes sociétés commerciales internationales. Ses produits se vendent dans différentes villes africaines (Lagos, Niamey, Bamako, Tunis, Tripoli...).

**❖ Activité de CEVITAL**

Lancé en mai 1998, le complexe CEVITAL a débuté son activité par le conditionnement d'huile en décembre 1998.

En février 1999, les travaux de génie civil de la raffinerie ont débuté, elle est devenue fonctionnelle en août 1999.

L'ensemble des activités de CEVITAL est concentré sur la production et la commercialisation des huiles végétales, de margarine et de sucre, ainsi que la production de l'énergie électrique, elles se présentent comme suit :

- Raffinage des huiles (1800 tonnes/jour) ;
- Conditionnement d'huile (1400 tonnes/jour) ;
- Production de margarine (600 tonnes/jour) ;
- Fabrication d'emballage (PET) : Poly-Ethylène-téréphtalate (9600 unités/heurs);
- Raffinage du sucre (2000 tonnes/jour et 3000 tonnes/jour) ;
- Stockage des céréales (120 000 tonnes) ;

- Minoterie et savonnerie (en cours d'étude) ;
- Cogénération (production de l'énergie électrique avec une capacité de 64 MW et de la vapeur).

❖ **Situation géographique**

CEVITAL est implanté au nouveau quai du port de Bejaia, à 3 km du sud-ouest de cette ville, à proximité de la RN 26. Cette situation géographique de l'entreprise lui a beaucoup profité étant donné qu'elle lui confère l'avantage de proximité économique. En effet elle se trouve proche du port et de l'aéroport.

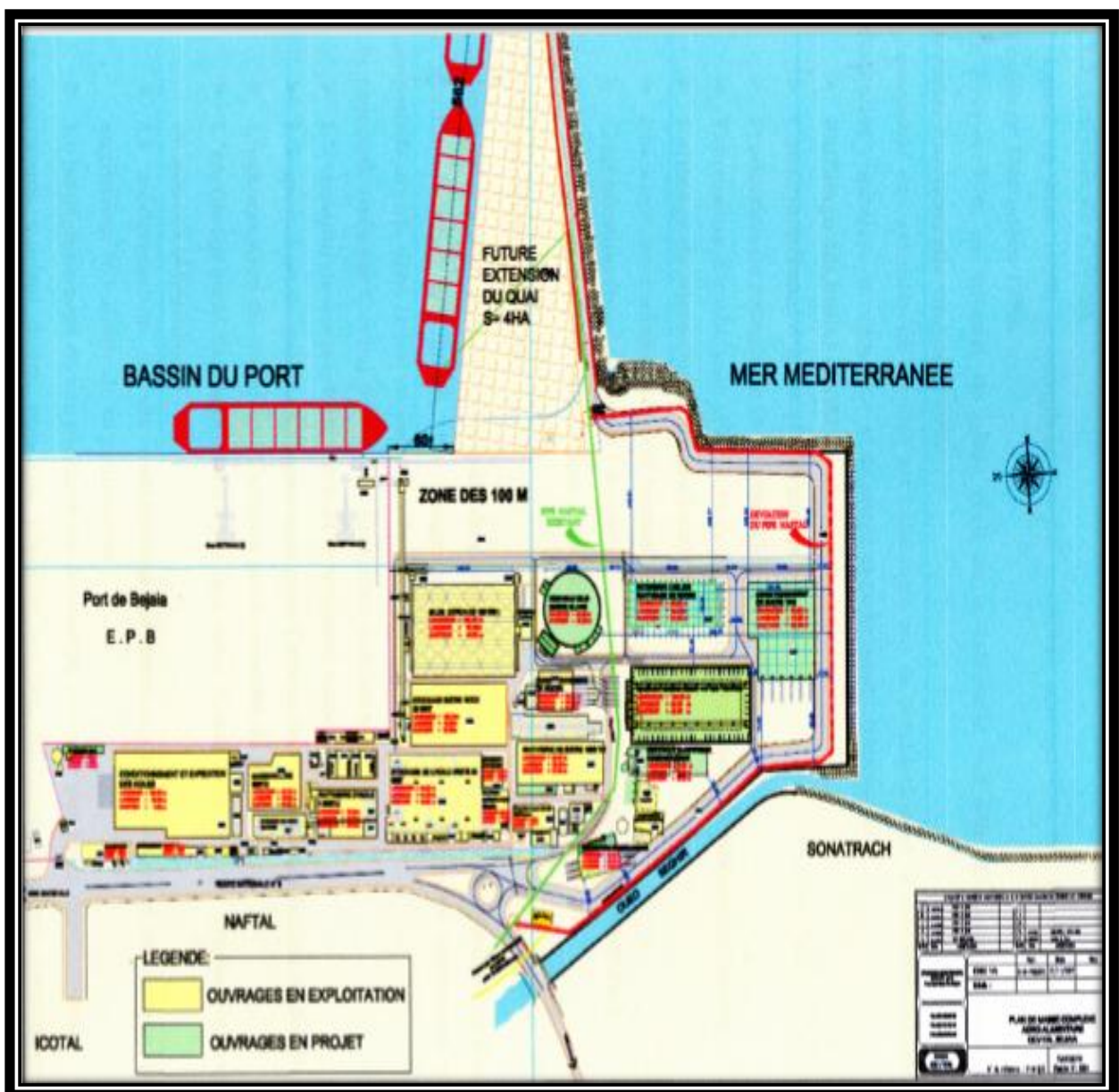


Figure 1 : Plan de masse du complexe CEVITAL



**❖ Missions et objectifs :**

La mission principale de l'entreprise est de développer la production et d'assurer la qualité et le conditionnement des huiles, des margarines et de sucre à prix nettement plus compétitifs et cela dans le but de satisfaire le client et de le fidéliser.

Les objectifs visés par CEVITAL peuvent se présenter comme suit :

- L'extension de ses produits sur tout le territoire national ;
- L'importation de graines oléagineuses pour l'extraction directe des huiles brutes ;
- L'optimisation de ses offres d'emploi sur le marché du travail ;
- L'encouragement des agriculteurs par des aides financières pour la production locale de graines oléagineuses ;
- La modernisation de ses installations en termes de machine et technique pour augmenter le volume de sa production ;
- Le positionnement de ses produits sur le marché international par leurs exportations.

**❖ Différents organes constituant le complexe CEVITAL**

L'organigramme suivant (Figure 2) donne une vue générale sur les différents organes constituant le complexe CEVITAL.

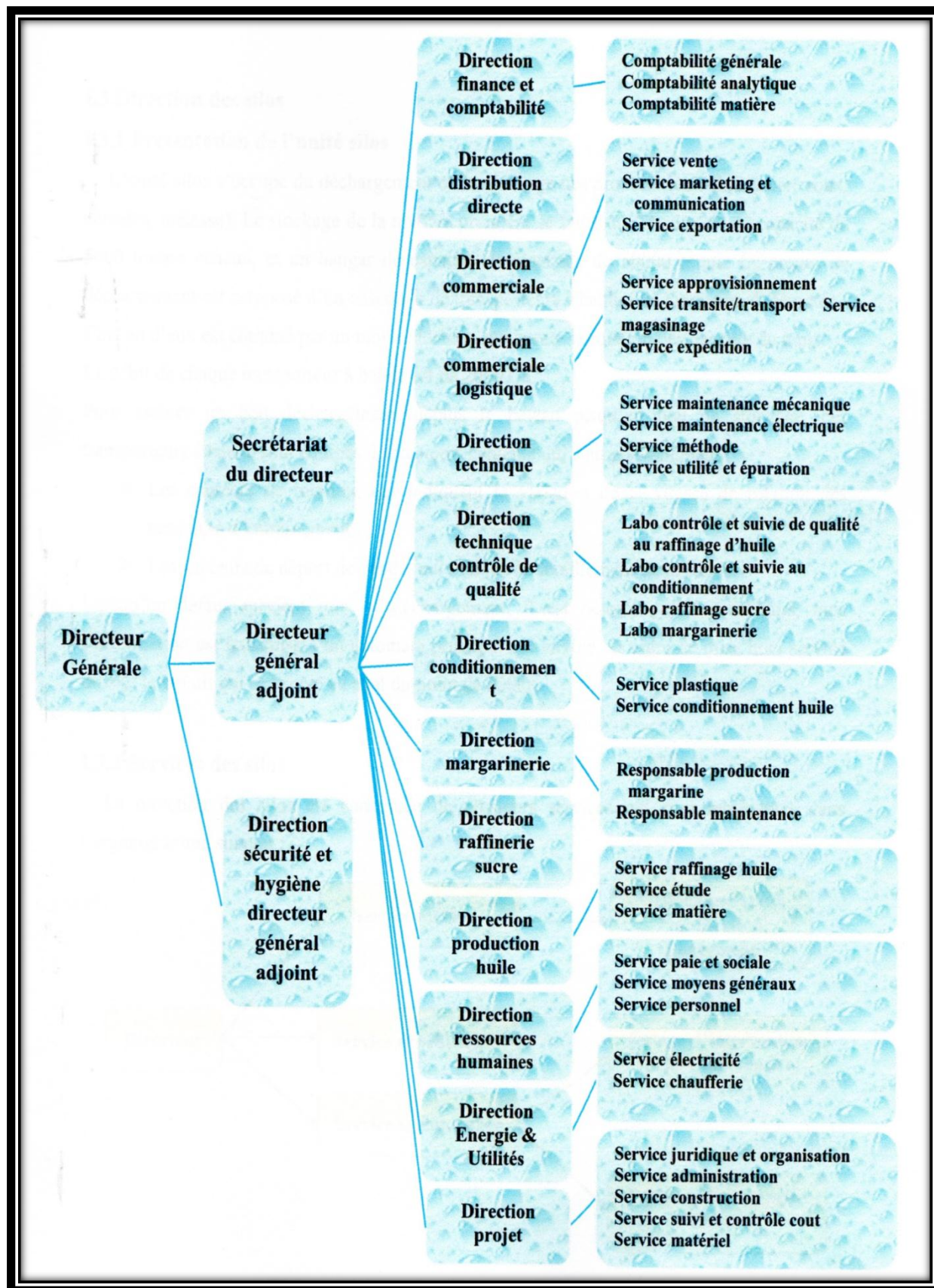


Figure 2 : Organigramme du complexe CEVITAL

**CHAPITRE**  
**I**

**ASPECT PROCESS DE**  
**TRAITEMENT DU SUCRE**

**I.1 Introduction**

La raffinerie est conçue pour traiter le sucre roux, en passant par différentes étapes (sections) pour l'obtention d'un sucre blanc et pure. Dans ce chapitre nous allons décrire le principe de fonctionnement de chaque section en se focalisant sur la section de décoloration qui est composée de deux postes, poste de décoloration et poste de récupération et traitement des saumures.

**I.2 Généralités sur le sucre****I.2.1 Composition et structure du sucre**

Le sucre se compose de dextrose (glucose) et de lévulose (fructose), sa formule chimique brute est :  $C_{12}H_{22}O_{11}$  et sa masse moléculaire est de 342g/mole.

**I.2.2 Le sucre blanc et le sucre roux**

Cette différence de coloration entre les deux sucres ne découle pas de la plante dont ils sont issus, mais du niveau de pureté en saccharose. Actuellement, les sucreries de betterave produisent quasi-exclusivement du sucre blanc, issu directement du premier cycle de cristallisation. Le chauffage prolongé durant les cycles suivants provoque la formation de composés colorés de type caramel. On obtient alors des sucres roux qui sont, pour une partie, commercialisés sous le nom de « vergeoise ». En raison de la présence de précurseurs de coloration dans la tige de canne, le sucre de canne en premier jet (premier cycle de cristallisation) est déjà coloré. Commercialisé en l'état, ce sucre roux prend le nom de « cassonade ». Mais l'essentiel de la production de sucre roux issu de la canne est acheminé vers des raffineries qui vont éliminer les matières colorantes et produire du sucre blanc.

La figure I.1 suivante montre la différence entre le sucre roux et le sucre blanc.



**Figure I.1 : la différence entre le sucre roux et le sucre blanc.**

### I.3 Présentation du pôle sucre et ses différentes sections

Le pôle sucre de CEVITAL est constitué de deux raffineries, la première est d'une capacité de production de 1600 tonnes/jour, pouvant passer après à 2000 tonnes/jour et une deuxième construite en 2009 avec une capacité de production de 3000 tonnes/jour.

Le processus de fabrication de la raffinerie de sucre comporte plusieurs étapes réparties en dix sections représentées sur la figure 1.2 ci-dessous :

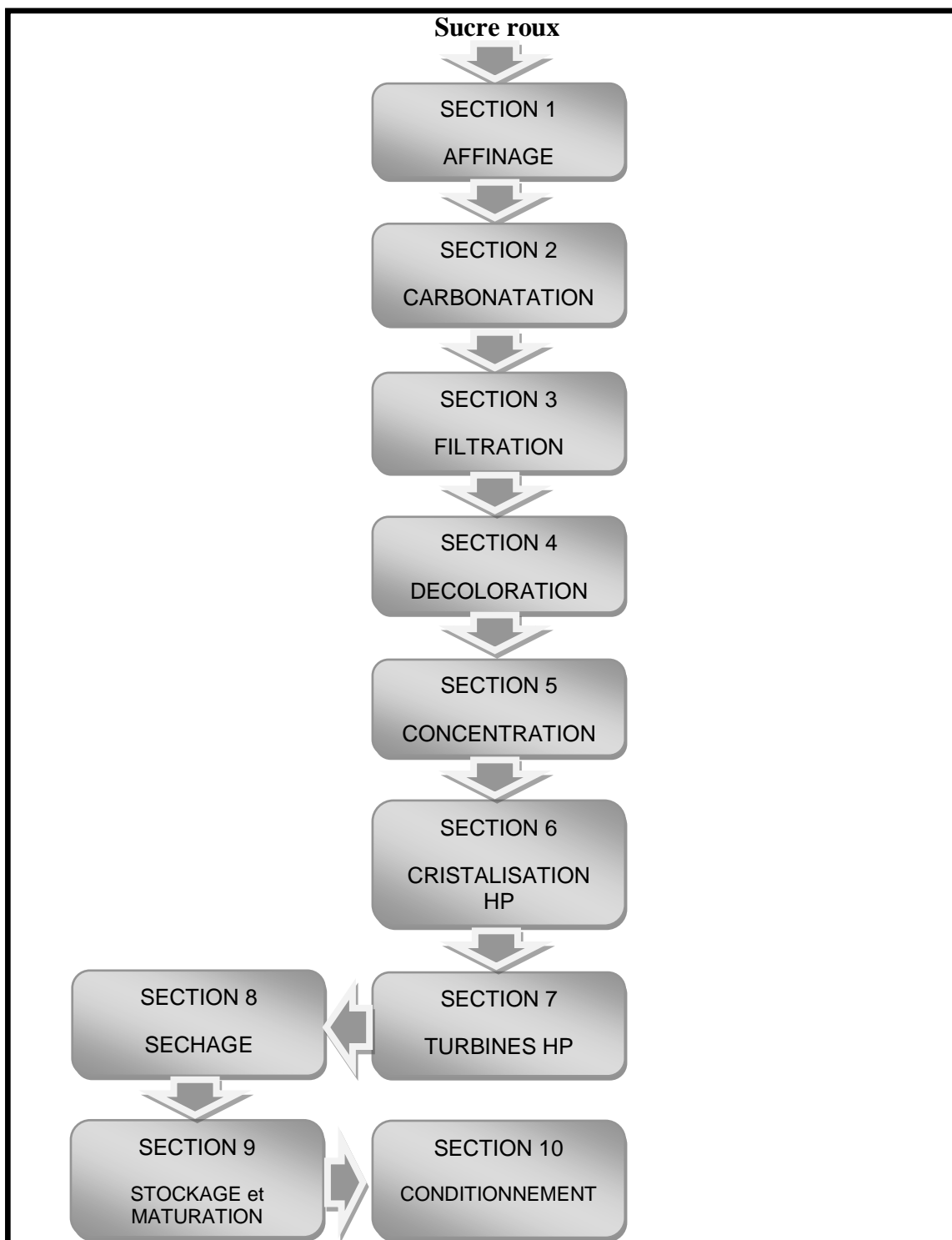


Figure I.2 : schéma du processus de raffinage.

Suit une brève description de chacune des sections :

### **I.3.1 Section 1: Affinage et refonte**

L'affinage consiste à enlever les couches d'impuretés présentes à la surface des cristaux du sucre brute. Après pesage, le sucre roux est mélangé avec une quantité de liqueur d'affinage saturé en sucre puis malaxé pour permettre la diffusion des impuretés superficielles sans provoquer la refonte des cristaux.

La séparation du sucre et de l'égout d'affinage se fait par centrifugation dans uneessoreuse discontinue. Le sucre affiné obtenu est ensuite refondu à l'eau de façon à obtenir un sirop. L'égout contenant les impuretés est traité dans le process pour extraire le sucre résiduel.

### **I.3.2 Section 2: Carbonatation**

La carbonatation est un procédé chimique permettant de piéger les impuretés du sirop résultant de la refonte du sucre brut affiné, ce procédé consiste à additionner au sirop une chaux séparée sous forme de lait de chaux dosé à 16° baumé et à faire barboter dans ce mélange, celui-ci est introduit dans une chaudière à carbonater, du gaz CO<sub>2</sub> provenant des chaudières à vapeur. Sous l'action du CO<sub>2</sub>, la chaux se transforme en carbonate insoluble qui piège les impuretés contenues dans le sirop de refonte.

La carbonatation se fait en deux étapes, 80% des impuretés sont éliminées durant la première carbonatation.

### **1.3.3 Section 3: Filtration**

Le sirop carbonaté sera filtré afin d'éliminer le carbonate de calcium et les impuretés piégées à l'aide des filtres à bougies autonettoyants. Le sirop filtré est envoyé ensuite vers la section quatre (décoloration), par contre, la boue résultante de la filtration est envoyé vers un filtre presse qui a pour fonction de récupérer le sucre résiduel. Ce sucre est récupéré sous forme de petit jus. La boue résultante appelée « écume », elle est utilisée en agriculture.

### **I.3.4 Section 4: Décoloration**

Le but de cette section est la décoloration sur résines de sirop de sucre filtré pour une capacité nominale de 100m<sup>3</sup>/h et ce pour un brix de 65. Le sirop à traiter ayant 600 Icumsa maximum, cette valeur est appelée à être réduite de 80% durant un cycle de décoloration, soit 100 à 150 Icumsa.

**I.3.5 Section 5: Concentration**

Cette section consiste à ramener la concentration du sirop décoloré à un brix de 70% par l'évaporation d'une certaine quantité d'eau introduite par les opérations précédentes. Cette tache facilitera la cristallisation du sucre. C'est la partie la plus délicate du processus de fabrication.

**I.3.6 Section 6: Cristallisation haute pureté**

La cristallisation HP est une opération qui a une forte incidence sur l'ensemble de l'équilibre énergétique de l'usine. Le sirop est concentré dans des bacs spéciaux appelés cuites. Elle est réalisée en faisant l'opération de grainage en introduisant une semence telle sorte que les particules du sirop se fixent autour. Quand les cristaux atteignent la taille voulue et que les cuites arrivent à leur volume maximal, le produit est déchargé dans un malaxeur qui sera ensuite centrifugé par desessoreuses séparant les cristaux et le sirop.

**I.3.7 Section 7 : Turbines hautes puretés**

Dans cette section s'effectue l'opération d'essorage des masses-cuites issues des 03 jets. Ces masse-cuites sont coulées dans deux malaxeurs qui alimenteront en masse-cuites des nochères. Ces derniers vont distribuer les masses-cuites à une batterie de 06 centrifugeuses. Ces turbines séparent le sucre raffiné qui va être réceptionné par un tapis vibrant avant de l'acheminer vers le séchage. Il en résultera aussi des égouts selon la nature de la masse-cuite turbinée. Chaque type d'égout est acheminé vers une section appropriée pour réintégrer le processus.

**I.3.8 Section 8 : Séchage**

Le sucre ainsi obtenu après centrifugation sera humide, alors un séchage pour éliminer cette humidité est nécessaire. On utilise un tube sécheur et un refroidisseur, en sortant de la cristallisation, le sucre est humide à 0.05%. Pour une bonne conservation on le fait sécher dans un cylindre à air chaud, puis on le refroidit dans un sécheur à lit fluidisant et on l'envoie vers les silos de maturation pour finaliser la déshumidification et le stocker.

**I.3.9 Section 9 : Stockage et maturation**

Dans cette section le sucre provenant du séchage est stocké dans le silo, et ce pour une durée minimum de 48 heures pour assurer la maturation avec de l'air conditionné qui élimine l'humidité résiduelle contenue dans les cristaux du sucre, ce sucre est ensuite acheminé vers le

conditionnement où il sera ensacher, convoyé dans un bateau pour exportation ou livré en vrac via des camions de gros tonnages.

### **I.3.10 Section 10 : conditionnement**

Le sucre mûré soutiré du grand silo de maturation est acheminé par un convoyeur et passe par un casse-grugeons qui va éliminer toutes les mottes et morceaux de sucre, ensuite il sera criblé afin de le calibrer. Le sucre blanc est ensuite transporté par des convoyeurs qui alimenteront l'unité de conditionnement en sucre blanc où il sera conditionné sous forme de sacs de 50 kg, 10 kg, 1 kg ou des big-bags d'une tonne.

## **I.4 Description de la section de décoloration**

La section de décoloration est composée de deux postes : un poste de décoloration sur résines et un poste de récupération et traitement des saumures de régénération.

### **I.4.1 Le poste de décoloration**

Le poste de décoloration sur résines est composé de cinq colonnes à double compartiment, avec un volume total de 21 m<sup>3</sup> par colonne. Une colonne est en cours de régénération pendant que les quatre autres colonnes produisent en parallèle. Ainsi, chaque colonne a un débit de 25 à 30 m<sup>3</sup>/h de sirop filtré à traiter pendant une durée de production de 24 à 32 h. Chaque colonne est équipée de sa propre régulation de débit. La décoloration s'effectue par percolation du sirop de bas en haut à travers le lit de résines compacté flottant.

Le cycle de fonctionnement de chaque colonne comprend deux étapes :

- Production : 24 h - 32 h
- Régénération : 6h – 8h.

Pendant la phase de décoloration, la résine se charge en matières colorantes et en anions divers. Elle se sature au cours de temps et la coloration du produit traité augmente progressivement. Il est alors nécessaire d'extraire les impuretés retenues pour retrouver la capacité initiale de la résine de décoloration : la colonne entre en phase de régénération.

Une solution de chlorure de sodium (NaCl) en milieu basique (NaOH) permet de retirer les matières colorantes qui ont été fixées par les résines au cours des cycles de production. La régénération se fait à contre-courant (de haut en bas) pour éviter la pollution des couches supérieures des lits de résines (qui sont moins polluées) par les colorants déplacés des couches inférieures (les plus polluées) au cours de la régénération. Ce principe de fonctionnement



nous permet d'assurer une meilleure régénération des résines et donc une plus grande efficacité pendant la production.

#### **I.4.2 Le poste de récupération et traitement des saumures**

##### **➤ Définition de la saumure**

Une saumure est une solution de chlorure de sodium dans l'eau, à une concentration supérieure à celle de l'eau de mer. Celle-ci contient environ 0,35 % de chlorure de sodium NaCl, en masse, bien que cette proportion dépende du lieu.

##### **➤ Objectif du poste de récupération et traitement des saumures**

En chimie organique, on lave les bruts réactionnels avec une saumure. La saumure a une densité supérieure à celle de l'eau pure, ce qui facilite la décantation lors d'une extraction, dans le cas où la phase organique est moins dense que l'eau. Cela ne peut s'appliquer avec une phase organique en solution dans le dichlorométhane ou le chloroforme, plus denses que l'eau

En effet, la régénération des résines exige une quantité énorme de sel utilisé pour la préparation de la saumure (environ 11 tonnes/jour) et pour des raisons économiques, on procède à la récupération et le retraitement des saumures de régénération pour l'utiliser dans d'autres opérations de régénération en passant par deux lignes:

- Récupération et concentration.
- Nano-filtration.

#### **I.5 conclusion**

Dans ce chapitre, on a suivi le chemin de raffinage du sucre roux passé par différentes sections, ainsi qu'on a eu l'occasion de comprendre l'objectif et principe de fonctionnement de chacune de ces sections en se focalisant sur le procédé de décoloration composé de deux poste ; poste de décoloration et poste de retraitement des saumures de régénération, et c'est au niveau de ce dernier que notre travail est consacré.

**CHAPITRE**  
**II**

**INSTRUMENTATION ET**  
**ANALYSE FONCTIONNELLE**

**II.1 Introduction**

En raison d'une modernisation incessante des outils de production, les systèmes industriels deviennent de plus en plus complexes et sophistiqués. En parallèle, la fiabilité, la disponibilité, la sûreté de fonctionnement ainsi que la protection de l'environnement sont devenus de véritables enjeux pour les entreprises actuelles. Des nouveaux instruments numériques sont apparus afin de prendre en compte et de résoudre ces problèmes.

Dans ce chapitre, nous décrivons les différents instruments utilisés dans le poste récupération et traitement des saumures et le fonctionnement de l'installation.

**II.2 Instrumentation**

L'instrumentation est une technique de mise en œuvre d'appareils de mesure, d'actionneurs, de capteurs, de régulateurs en fonction des besoins physiques, de coût et de performances demandées en vue de créer un système d'acquisition de données ou de commande.

**II.2.1 Capteurs-transmetteurs**

Un **capteur** est un élément d'un appareil de mesure auquel est directement appliquée une grandeur à mesurer et dont le signal de sortie n'est pas directement utilisable comme signal d'entrée dans une boucle de mesure ou de régulation.

Un **transmetteur** est un appareil de mesure dont l'entrée est issue d'un capteur et dont la sortie est un signal conforme à un standard analogique (0,2-1 bar ou 4-20 mA) ou numérique, directement utilisable dans une boucle de mesure ou de régulation.

**❖ Les capteurs**

Les capteurs sont des éléments qui transforment une grandeur physique (position, pression, distance, vitesse, température, ...etc.) d'une machine ou d'un process en une grandeur numérique, généralement électrique, qui peut être interprétée par un dispositif de contrôle commande.

Ces appareils émettent des signaux normalisés que d'autres appareils peuvent utiliser aux fins d'informations, d'alerte ou de commande automatique. De nombreux signaux normalisés sont utilisés. Notamment, les signaux électroniques varient entre 4 et 20 mA et les signaux pneumatiques varient entre 20 et 100 kPa.

Selon le signal qu'ils génèrent on peut les classer en trois catégories :

- Capteurs TOR : Ce sont les plus répandus en automatisme. Ils délivrent un signal binaire. Détecteur de niveau, détecteur de proximité...etc.
- Capteurs analogiques : Ils traduisent des valeurs de position, de pression, de température...sous forme d'un signal (tension ou courant) évoluant continuellement entre deux valeurs limites.
- Capteurs numériques: Transmettent des valeurs numériques précisant des pressions, des positions,...pouvant être lus sur 8, 16, 32, bits soit en parallèle sur plusieurs conducteurs, soit en série sur un seul conducteur.

Dans la station récupération et traitement des saumures on trouve les capteurs indiqués ci-dessous.

➤ **Capteur de température PT100**

La sonde PT 100 est constituée d'un filament en platine, entourant une tige de verre, dont la caractéristique est de changer de résistance en fonction de la température (voir Figure II.1). Sa résistance est de  $100\Omega$  pour  $0^{\circ}\text{C}$ . Elle s'élève en fonction de l'augmentation de la température telle que  $100^{\circ}\text{C}$  correspond à  $138.5\Omega$ .

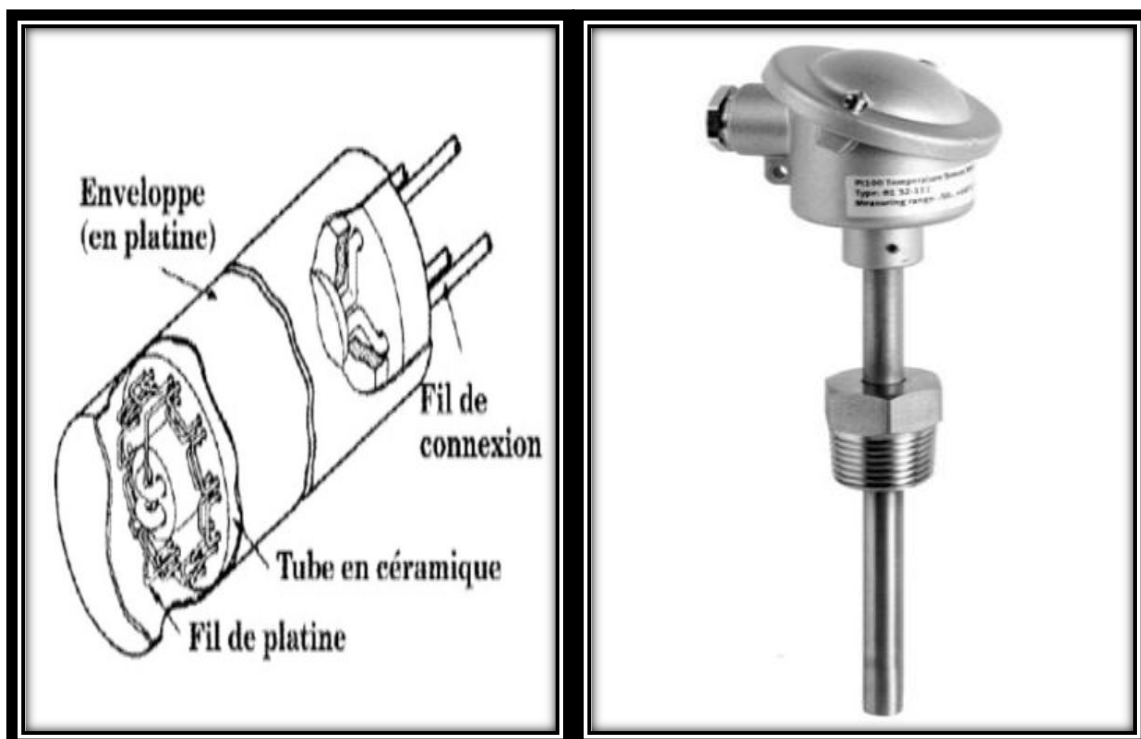


Figure II.1 : Sonde de température PT100

➤ **Capteur-transmetteur de niveau**

L'installation est dotée de capteurs de niveau à déplacement ultramodernes (voir Figure II.2), ce sont des appareils perfectionnés à deux ou quatre fils, à sécurité intrinsèque, reposant sur un principe de flottabilité simple pour détecter des variations de niveau de liquide et les convertir en un signal de sortie 4-20 mA stable. La conception verticale en ligne du transmetteur permet d'alléger le dispositif et de simplifier son installation.



**Figure II.2 capteur de niveau flotteur**

➤ **Fins de courses**

Les fins de courses sont des contacts intégrés dans les électrovannes, qui nous indiquent l'ouverture ou la fermeture de la vanne.

➤ **Capteur de pression**

Le capteur de pression utilisé dans l'unité est le manomètre à tube de Bourdon (voir Figure II.3). Il est vissé avec le support de tube qui forme une pièce complète avec le raccord.

Par l'intermédiaire d'un trou dans le raccord, le fluide à mesurer passe à l'intérieur du tube. La partie mobile finale du tube se déplace lors de changement de pression (effet Bourdon). Ce déplacement qui est proportionnel à la pression à mesurer, est transmis par l'intermédiaire du mouvement à l'aiguille est affiché sur le cadran en tant que valeur de pression. Le système de mesure, le cadran et l'aiguille sont montés dans un boîtier.

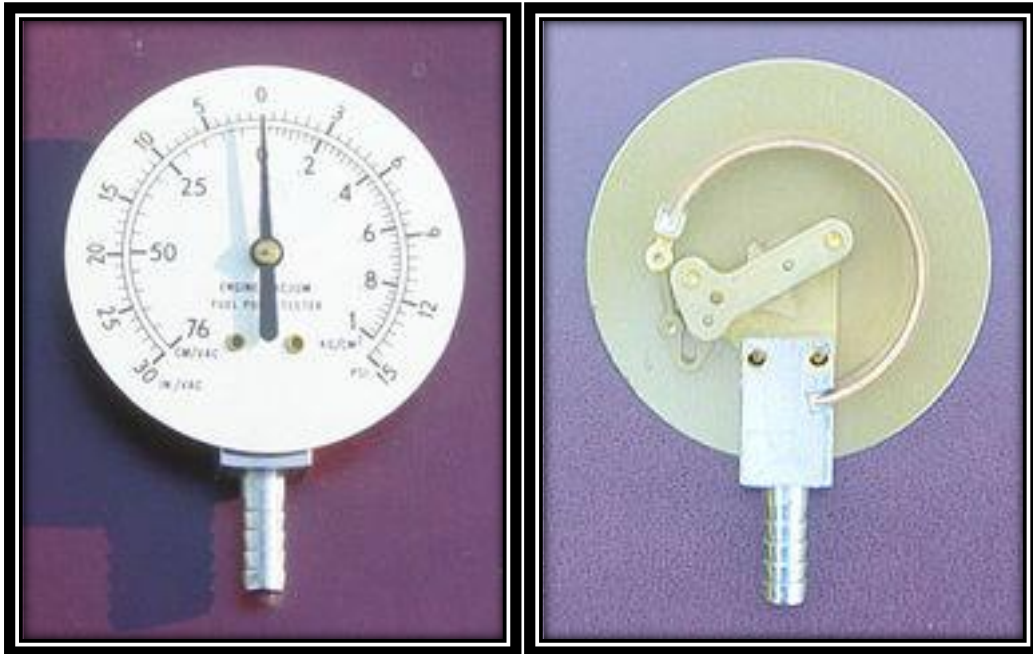


Figure II.3 : capteur de pression

#### ❖ Les transmetteurs

Un transmetteur est le dispositif qui convertit le signal de sortie du capteur en un signal de mesure standard, il fait le lien entre le capteur et le système de contrôle.

#### ➤ Transmetteur de température

C'est un dispositif qui convertit le signal de sortie du capteur (grandeur physique) en un signal de mesure analogique (voir FigureII.4). Il fait le lien entre le capteur et l'indicateur de température. Le couple capteur-transmetteur réalise la relation linéaire entre la grandeur mesurée et son signal de sortie.



Figure II.4 : Transmetteur de température « 3144P-ROSEMOUNT»

➤ **transmetteur de pression**

Les transmetteurs de pression mesurent la pression absolue ou relative dans les gaz, vapeurs ou liquide (voir Figure II.5). Ils incorporent une jauge de contraintes d'une couche épaisse comme moyen de mesure. La pression est convertit en un signal électrique, ils sont utilisés dans tous les domaines des procédés industriels.



**Figure II.5 : Transmetteur de pression «2088-ROSEMOUNT»**

### **II.2.2 Actionneurs**

Les actionneurs sont des organes qui transforment l'énergie d'une source en une action physique. Dans notre cas, l'énergie prélevée est électrique, elle est transformée en action mécanique.

Dans notre projet, on dispose de plusieurs actionneurs tels que les vannes, les pompes,...etc.

Suit une brève description de chacun :

➤ **Les vannes TOR**

Une vanne Tout Ou Rien (voir Figure II.6) est utilisée pour le contrôle de débit des fluides en tout ou rien, c'est-à-dire, elle exécute une action discontinue qui prend deux positions ou deux états 0 ou 1 (fermée ou bien ouverte à 100%).

Les vannes TOR sont utilisées pour la commande des systèmes ayant une grande inertie où la précision de régulation n'est pas importante.



**Figure II.6 : Vanne TOR**

➤ **Les vannes régulatrices**

La vanne de régulation est un dispositif conçu pour contrôler le débit de toutes sortes de fluides (liquide ou gaz) dans un système de commande de process. La variation peut aller de la fermeture à l'ouverture totale (de 0% à 100%) Figure II.7.

La vanne est commandée par un régulateur qui utilise l'action de l'air comme fluide d'asservissement. Ainsi l'ouverture, la fermeture ou l'action modulée de la vanne est produite par les variations de pression de sortie d'un instrument de mesure et de contrôle.

La vanne est actionnée mécaniquement. Elle est reliée à un actionneur capable de faire varier la position d'un organe de fermeture dans la vanne. L'actionneur peut être mû par une énergie pneumatique, hydraulique ou électrique.

La vanne régulatrice est constituée de trois éléments principaux :

- Le servomoteur : c'est l'élément qui assure la conversion du signal de commande en mouvement de la vanne ;
- Le corps de vanne : c'est l'élément qui assure le réglage du débit ;
- Un contacteur de début et de fin de course.



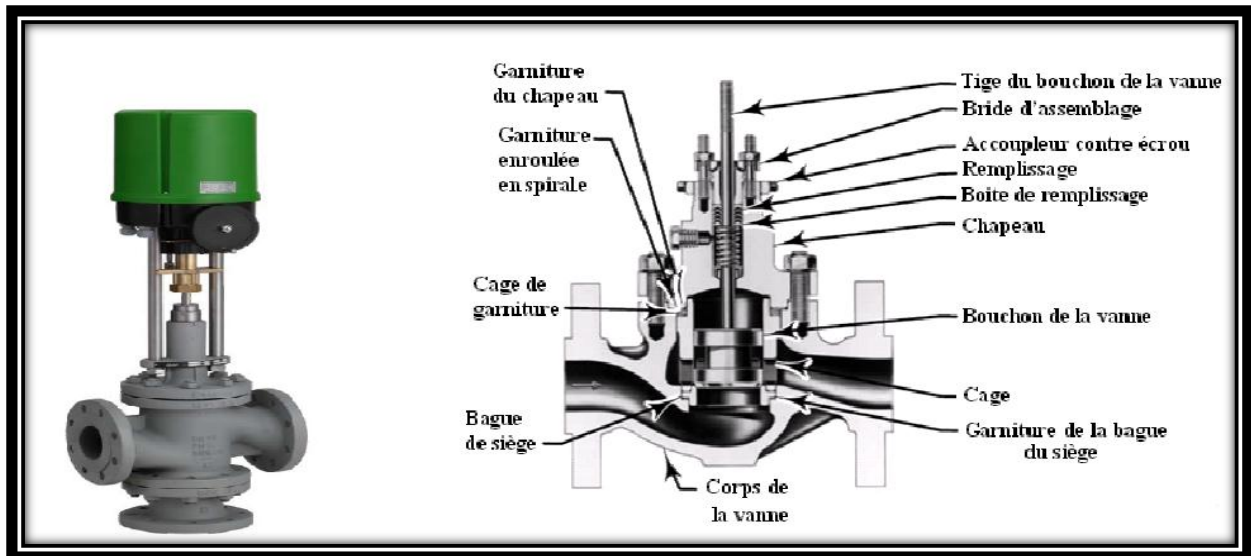


Figure II.7 : Vanne régulatrice.

### ➤ La pompe centrifuge

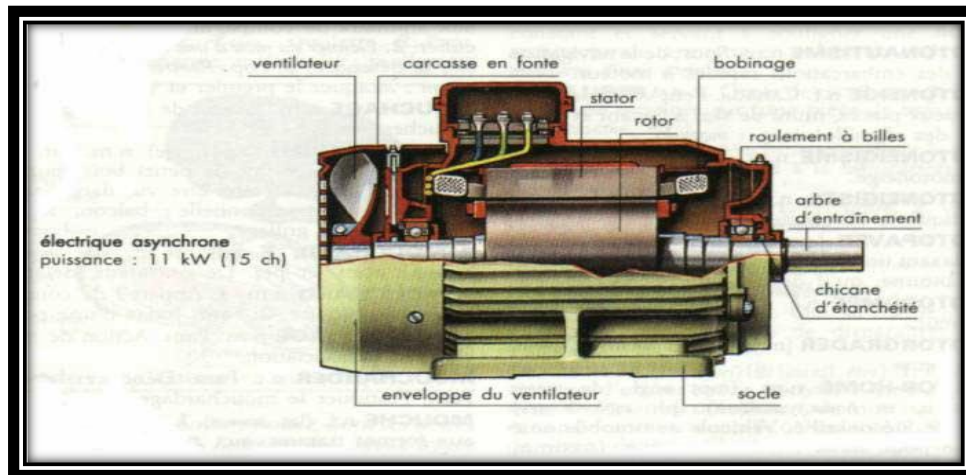
La pompe est définie comme étant un appareil qui transforme l'énergie mécanique produite (couple et vitesse de rotation) en énergie hydraulique (débit et pression), l'énergie qui lui est communiqué par la force centrifuge. Ce sont les pompes les plus utilisées dans le domaine industriel grâce à la large gamme d'utilisation qu'elles peuvent couvrir, de leur simplicité et de leur faible coût (voir Figure II.8).



Figure II.8 : Pompe centrifuge.

➤ **Moteurs électriques asynchrones :**

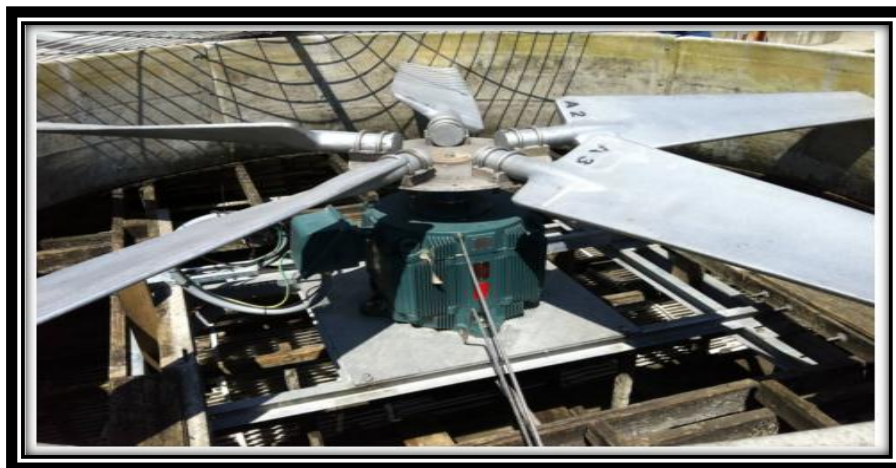
Les moteurs asynchrones, appelés aussi moteur à induction constituent plus de 60% des machines tournantes qui assurent la conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique (voir Figure II.9). Le moteur asynchrone est robuste et d'un prix de revient relativement insignifiant. Ce qui fait de lui le plus utilisé dans l'industrie, surtout avec le progrès de l'électronique de puissance associé à l'informatique industrielle qui a permis une meilleure régulation à vitesse variable.



**Figure II.9 : Moteur électrique asynchrone**

➤ **Groupe moto-ventilateur**

Le groupe moto-ventilateur est monté sur un châssis en acier galvanisé à chaud qui prend appui sur l'enveloppe de réfrigérant (voir Figure II.10). Il est disposé suivant un axe vertical et comprend : un ventilateur axial à pales réglables et un moteur asynchrone à cage à vitesse lente (500 à 750 tr/min).



**Figure II.10: Groupe moto-ventilateur**

**II.2.3 pré-actionneurs****➤ Les relais thermiques**

Le relai thermique est un appareil qui protège le récepteur placé en aval contre les surcharges et les coupures de phases (voir Figure II.11). En cas de surcharge, le relai thermique n'agit pas directement sur le circuit de puissance. Un contact du relai ouvre le circuit de commande d'un contacteur qui coupe le courant dans le récepteur.

**Figure II.11 : Relai thermique****➤ Les contacteurs :**

Un contacteur est un relais de haute puissance modulaire comportant des contacts à double rupture pour s'assurer de pouvoir couper des tensions et des courants élevés (voir Figure 2.13). Les contacteurs sont utilisés pour commuter de moyennes ou grosses charges électriques. Dès que l'on envisage de commander un moteur, quel que soit sa puissance, on devrait utiliser un contacteur. Dans l'installation, nous avons les contacteurs qui correspondent aux relais sus- cités.

**Figure II.12 : Contacteur**

➤ **Les disjoncteurs**

Un disjoncteur est un appareil de protection, dont la fonction est d'interrompre le courant électrique en cas d'incident sur un circuit électrique (voir Figure II.13). Il est capable d'interrompre un courant de surcharge ou un courant de court-circuit dans une installation. Sa principale caractéristique par rapport au fusible est qu'il est réarmable (il est prévu pour ne subir aucune avarie lors de son fonctionnement).



**Figure II.13 : Disjoncteur.**

➤ **Les électrovannes**

Une électrovanne est un dispositif commandé électriquement permettant d'autoriser ou d'interrompre par une action mécanique la circulation d'un fluide ou d'un gaz dans un circuit, quand elle est activée l'air comprimé alimente l'actionneur pneumatique (voir Figure II.14).

Il existe deux types d'électrovannes : « tout ou rien » et « proportionnelle ».

- Les électrovannes dites « tout ou rien » ne peuvent s'ouvrir qu'en entier ou pas du tout.
- Les électrovannes proportionnelles sont celles qui peuvent être ouvertes avec plus ou moins d'amplitude en fonction du besoin. Elles sont généralement utilisées grâce à une commande.

L'électrovanne est constituée principalement d'un corps de vanne où circule le fluide et d'une bobine alimentée électriquement qui fournit une force magnétique déplaçant le noyau mobile qui agit sur l'orifice de passage permettant ainsi, ou non le passage du fluide. La bobine doit être alimentée d'une manière continue pour maintenir le noyau attiré.



Figure II.14 : Illustration d'une Electrovanne.

➤ Les distributeurs

Ce sont des organes dont le rôle est d'établir ou d'interrompre la communication entre la source d'air (pression) et les organes moteurs.

Il est caractérisé par :

- Le nombre des orifices : 2, 3, 4 ou 5 ;
- Le nombre des modes de distribution ou position (case) : 2 ou 3 ;
- Le type de commande ou de pilotage assurant le changement de position : Simple pilotage avec rappel par ressort, ou double pilotage avec rappel au centre par ressort dans le cas des distributeurs à trois positions ;
- La technologie de pilotage : Pneumatique ou électropneumatique.

Dans chaque case ou position, les voies sont figurées par des flèches indiquant le sens de circulation d'air (figure II.15).

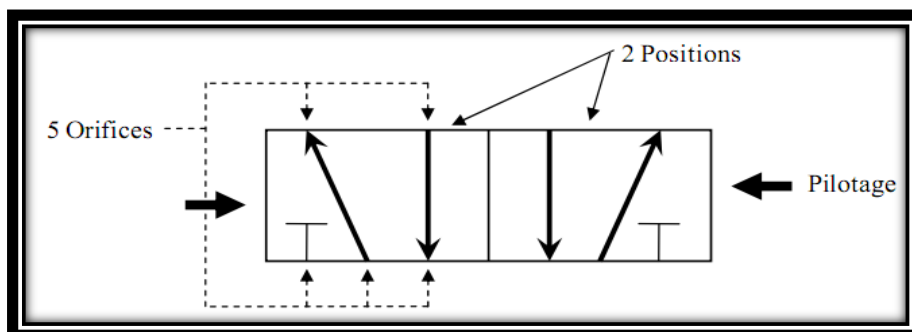


Figure II.15 : Distributeur

## II.2.4 Equipements

### ➤ Echangeur de chaleur

Un échangeur de chaleur est un dispositif permettant de transférer de l'énergie thermique d'un fluide vers un autre sans les mélanger. Il existe plusieurs types d'échangeurs thermiques (échangeur tubulaire, à plaques,...) celui utilisé dans la station est un échangeur thermique tubulaire (voir Figure II.16). Il est constitué de deux tubes concentriques. Un fluide circule dans le tube interne, alors que le second passe dans l'espace entre tubes. Il permet de travailler avec des liquides à hautes pressions avec un échange de chaleur limité.

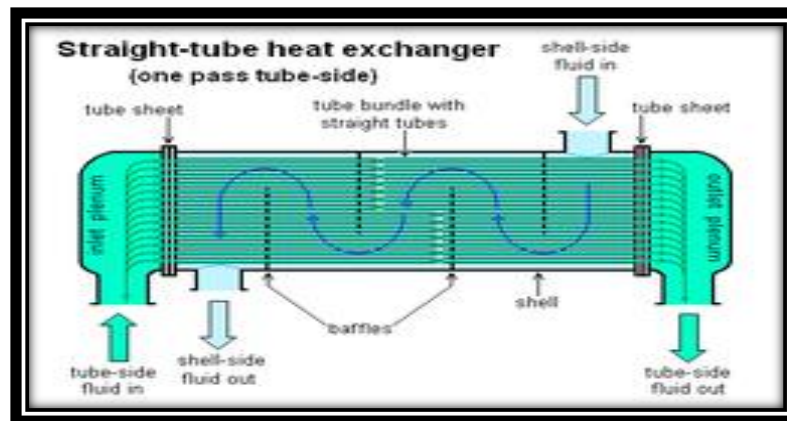


Figure II.16 : Echangeur de chaleur.

### ➤ La tour de refroidissement (aéroréfrigérant)

Une tour de refroidissement est un échangeur de chaleur qui permet de refroidir le liquide par contact direct avec l'air. Le transfert de chaleur du liquide à l'air s'effectue en partie par transfert de chaleur sensible, mais surtout par chaleur latente (évaporation d'une partie du liquide dans l'air), ce qui permet d'atteindre des températures de refroidissement inférieures à celles de l'air ambiant.

La saumure chaude à refroidir est amenée au sommet de l'appareil par une tuyauterie. Cette saumure est fractionnée et distribuée sur les surfaces de ruissellement (1) par des répartiteurs (2).

L'air aspiré par le ventilateur (3) pénètre par la partie inférieure à travers les persiennes et s'échappe par la partie supérieure après s'être échauffé et saturé, en passant entre les surfaces de ruissellement recouvertes de saumure.

Sous l'action de la tension superficielle provoquée par la surface de ruissellement, la saumure s'étale uniformément, et ruisselle sur toute leur hauteur. La surface d'échange est

ainsi augmentée.

La saumure, refroidie grâce à la ventilation mécanique, tombe en chute libre dans le bassin incliné (4) situé sous l'appareil. Elle est ensuite aspirée à travers la crépine (5). Des séparateurs de gouttes (6) sont disposés à la sortie d'air pour limiter les entraînements vésiculaires.

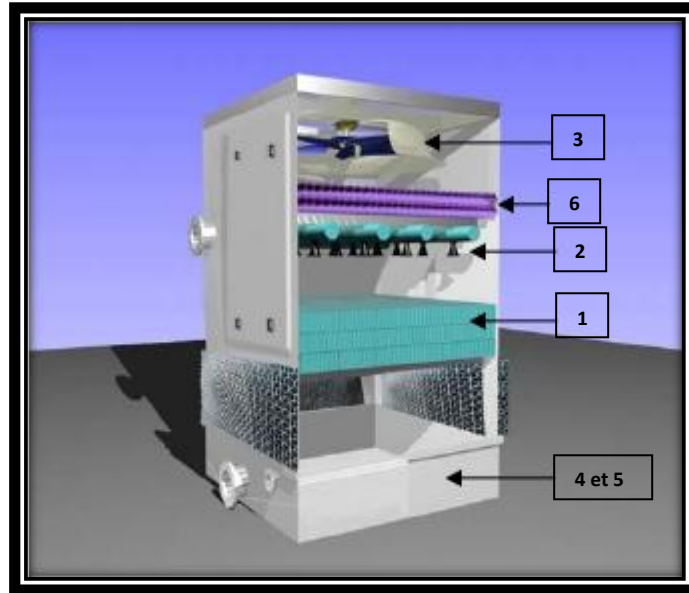


Figure II.17 : aérorefrégrant

➤ Membranes (nano-filtration)

La nano-filtration est un procédé permettant de séparer des molécules en se basant sur leurs tailles et utilisant la pression pour fonctionner. La séparation se fait à travers des membranes (voir Figure II.18). Cette technique est principalement utilisée pour l'élimination des substances organiques, telles que les micro-polluants, et les ions polyvalents. Les membranes de nano-filtration ont une rétention modérée des sels monovalents.

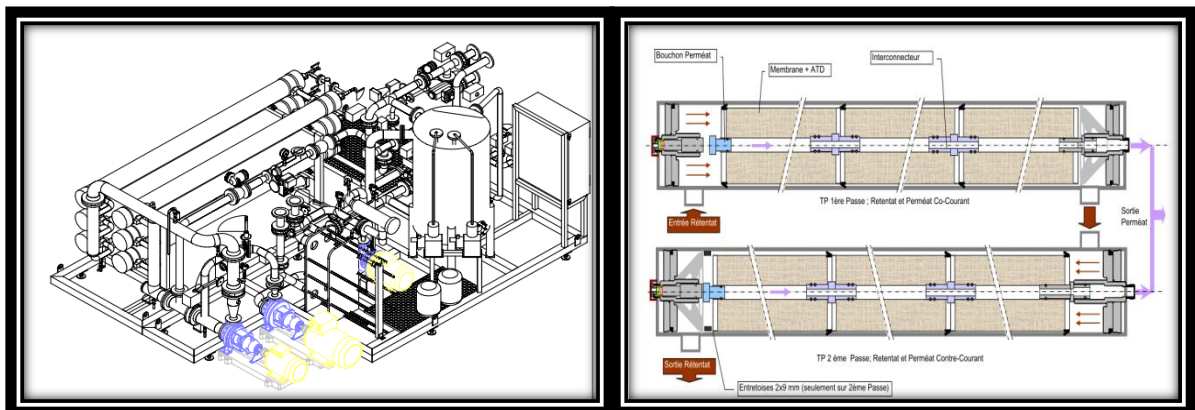


Figure II.18 : Membranes

### II.3 Analyse fonctionnelle

Le système à étudier représente le poste de récupération et traitement des saumures de régénération de la section de décoloration, ce poste consiste à récupérer et traiter les saumures utilisées pendant la régénération pour les réutilisées une autre fois. Pour cela ce poste est composé de deux lignes :

- Récupération et concentration ;
- Nano-filtration.

Dont on illustre l'analyse fonctionnelle de chacune ci-dessous :

#### II.3.1 Récupération et concentration

Cette ligne se résume en six étapes décrivant son fonctionnement comme suit :

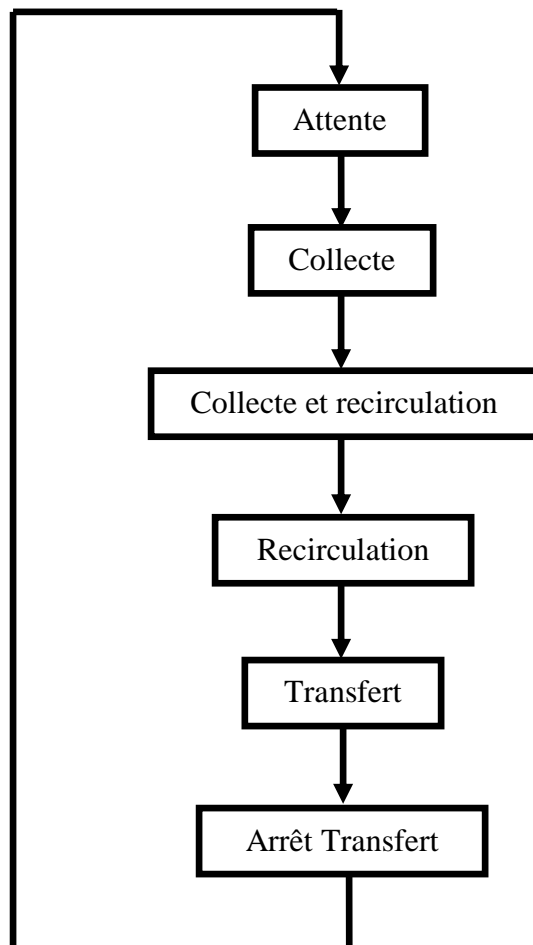


Figure II.19 : Organigramme fonctionnel de la ligne récupération et concentration



**➤ Etape 0 : Attente**

En attente de l'arrivée de la saumure (l'une des colonnes en phase de régénération)

- Tous les équipements étant à l'arrêt ;
- Ouverture de la vanne 4504-08.

**➤ Etape 1 : Collecte**

Une fois l'une des colonnes est en phase de régénération, le procédé opte pour la première étape où la saumure sortante de cette colonne sera récupérée dans le bac T4501.

Si :

- $LT4501 < L = 25\%$  (Niveau bas du bac T4501 non atteint).

Alors :

- Ouverture de la vanne TOR 4504-04 ;
- Fermeture de la vanne TOR 4504-08.

**➤ Etape 2 : Collecte et recirculation**

Une fois le niveau bas du bac T4501 atteint, la récupération des saumures continue d'une part, et commence la recirculation et la concentration de la saumure d'autre part, en passant par l'échangeur de chaleur qui chauffe et vaporise l'eau surabondante, puis elle passe par les Aéro-concentrateurs afin d'éliminer la quantité d'eau vaporisée, puis elle reprend le chemin vers T4501. En cas d'anomalie, un système d'alarme de niveau HHH est opérationnel qui entraîne l'arrêt du procédé.

Si :

- $LT4501 > L = 25\%$  (Niveau bas du bac T4501 atteint) ;
- $LT4501 < HH = 80\%$  (Niveau très haut du bac T4501 non atteint).

Alors :

- Démarrage de la pompe P4502 ;
- Ouverture de la vanne régulatrice TCV4510 de 0 à 100% tout en gardant la température suit une consigne de 65°C assuré par un régulateur PID ;
- Ouverture de la vanne TOR 4510-11 ;
- Démarrage des groupes moto-ventilateurs E4503A, E4503B et E4503C.

**➤ Etape 3 : Recirculation**

Cette étape est franchie une fois le niveau très haut du bac T4501 atteint, la récupération de la saumure s'arrête, la recirculation et concentration de la saumure continue, d'où dégradation de niveau du bac T4501 avant d'atteindre le niveau  $H=70\%$ .

Si :

- $LT4501 \geq H = 70\%$  (Niveau haut du bac T4501 non atteint).

Alors :

- Fermeture de la vanne TOR 4504-04 ;
- Ouverture de la vanne TOR 4504-08 ;
- Tous les autres actionneurs gardent leur état.

**➤ Etape 4 : Transfert**

Dans cette étape, la saumure est concentrée et prête à être transférée vers le bac T4505 une fois le niveau du bac T4501 s'est dégradé de 10%.

Si :

- $LT4501 \geq L=10\%$  (Niveau bas du bac T4501 non atteint) ;
- $LT4505 \leq H=80\%$  (Niveau haut du bac T4505 non atteint).

Alors :

- Fermeture de la vanne TOR 4510-11 ;
- Ouverture de la vanne TOR 4510-12 ;
- Fermeture de la vanne régulatrice TCV4510 ;
- Arrêt des groupes moto-ventilateurs E4503A, E4503B et E4503C ;
- P4502 reste en marche ;
- La vanne TOR 4504-08 reste ouverte.

➤ **Etape 5 : Arrêt transfert**

Une fois le niveau très bas du bac T4501 est atteint ou le niveau haut du bac T4505 est atteint (LT4505), la ligne de récupération et concentration arrive à sa fin, ceci :

Si :

- $LT4501 \leq LL = 10\%$  ou  $LT4505 \geq H$ .

Alors :

- Arrêt de la pompe P4502 ;
- Fermeture de la vanne TOR 4510-12 ;
- La vanne TOR 4504-08 reste ouverte.

### II.3.2 Nano-filtration

Cette ligne se résume en cinq étapes décrivant son fonctionnement comme suit :

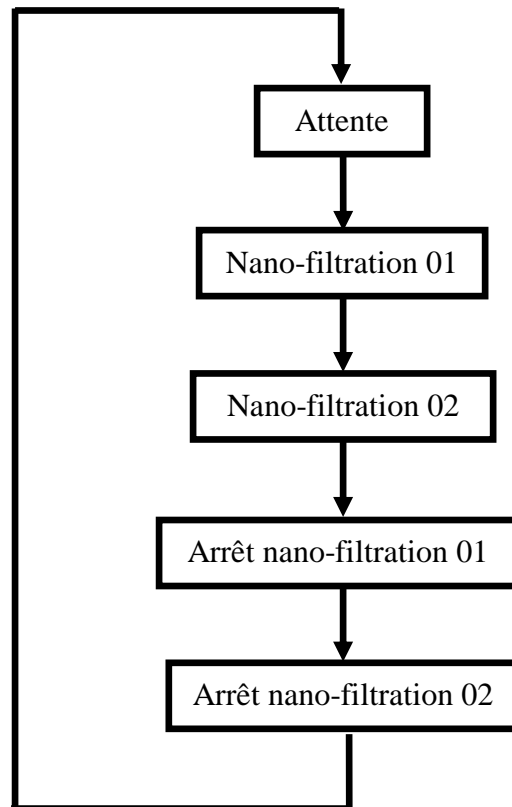


Figure II.20 : Organigramme fonctionnel de la ligne nano-filtration

➤ **Etape 0 : Attente**

En attente de remplissage du bac T4505 :

- Tous les équipements de la ligne étant à l'arrêt.

➤ **Etape 1 : Nano-filtration 1**

Une fois le bac T4505 atteint son niveau haut, un bac de contacte T4515 est en place pour recevoir la saumure concentrée, ceci :

Si :

- $LT4505 \geq H=50\%$  ;
- $LT4515 < H = 80\%$ .

Alors :

- Démarrage de la pompe P4506 ;
- Ouverture de la vanne TOR 4515-06.

➤ **Etape 2 : Nano-filtration 2**

Dans cette étape, une fois le niveau haut du bac T4515 atteint, la saumure est conduite en passant par le filtre F4526 vers l'échangeur HE4530 qui maintient sa température à une consigne de 55°C à l'intermédiaire de la vanne régulatrice TCV4530 puis refoulée à pression modérément haute vers les 6 membranes filtrant le solvant, empêchant les particules plus grosses que les pores de la traverser. Le procédé produit d'un côté de la membrane une saumure propre et filtrée (PERMEAT) envoyé vers le bac de récupération T4551, et de l'autre le RETENTAT éliminé et recerclé vers le bac T4505, ceci :

Si :

- $LT4505 > L = 10\%$ .

Alors :

- Démarrage des pompes P4520, P4535A et P4535B ;
- Ouverture de la vanne régulatrice TCV4510 de 0 à 100% tout en gardant la température à une consigne de 55°C assurée par un régulateur PID ;
- Ouverture de la vanne T4530-06 si  $TT4530 > 55^\circ\text{C}$  ;
- Ouverture de la vanne T4530-07 si  $TT4530 < 55^\circ\text{C}$  ;

- Ouverture de la vanne régulatrice FCV4530 de 0 à 100% tout en gardant sa pression à une consigne de 7 Bar assurée par un régulateur PID ;
- Ouverture de la vanne TOR 4543-12 (RETENTAT) ;
- Ouverture de la vanne TOR 4543-11 (PERMEAT).

➤ **Etape 3 : Arrêt nano-filtration 1**

Dans cette étape, le niveau du bac T4505 arrive à sa fin, dans ce cas :

Si :

- $LT4505 \leq L=10\%$

Alors :

- Arrêt de la pompe P4506 ;
- Fermeture de la vanne 4515-06 ;
- Tous les autres actionneurs gardent leur état ;
- Niveau bas du bac T4515 non atteint ( $LT4515 > L = 10\%$ ).

➤ **Etape 4 : Arrêt nano-filtration 2**

Une fois le niveau bas du bac T4515 atteint, ou le niveau haut du bac T4551 atteint, ceci :

Si :

- $LT4515 \leq L = 10\%$  ou  $LT4551$ .

Alors :

- Arrêt des pompes ;
- Fermetures des vannes TOR et vannes régulatrices.

**NB** : un système d'alarme est opérationnel pour la détection des défauts des différents instruments ainsi qu'aux bacs, qui entraîne l'arrêt du process.

**II.4 Conclusion**

Il est nécessaire d'avoir une approche d'ingénieur pluridisciplinaire pour faire une bonne sélection des instruments de mesure adéquats afin d'obtenir :

- Un bon fonctionnement ;
- Une bonne précision ;
- Une bonne justesse ;
- Une aisance de l'opérateur ;
- Une bonne fiabilité ;
- Une excellente sécurité.

Il faut aussi prendre en considération la capacité d'intégration dans le système tout en ayant une maîtrise totale des bases de concepts du pneumatique et des propriétés de fluides.

Dans ce chapitre on a représenté le poste de récupération et traitement des saumures, ses différents constituants ainsi que son analyse fonctionnelle à partir de cahier de charge qu'on a pu instaurer à l'aide des opérateurs.

**CHAPITRE  
III**

**AUTOMATE  
POROGRAMMABLE  
INDUSTRIEL S7-300**

**III.1 Introduction**

Les Automates Programmables Industriels sont apparus à la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile américaine (GM), qui réclamait plus d'adaptabilité de leurs systèmes de commande.

Depuis le début des années 80, l'intégration des automates programmables industriels pour le contrôle des différents processus industriels, est plus qu'indispensable.

L'API ou (Programmable Logic Controller PLC) est aujourd'hui le constituant le plus répandu des automatismes. On le trouve pratiquement dans tous les domaines industriels vue sa grande flexibilité et son aptitude à s'adapter, il assure les fonctions les plus complexes comme la régulation des systèmes.

On trouve sur le marché différentes variétés d'automates, ceci est dû à la diversité des constructeurs (ABB, TOSHIBA, ALLEN BRADLEY, SIMATIC...). Ce chapitre est consacré à la description des automates programmables SIEMENS plus précisément le S7-300, son fonctionnement, ses avantages,...etc.

**III.2 Présentation de l'automate****III.2.1 Définition d'un automate**

L'automate programmable industriel est un système de commande conçue autour d'un microprocesseur. C'est un système de commande en pleine évolution. La demande sur le marché est de plus en plus grande. De nouvelles fabrications s'annoncent régulièrement. Leurs possibilités évoluent au même rythme que les technologies utilisées. Les applications envisagées sont de plus en plus variées et des utilisateurs de tous les milieux s'y intéressent.

Trois caractéristiques fondamentales le distinguent des outils informatiques tels que les ordinateurs utilisés dans les entreprises:

- Il peut être directement connecté aux capteurs et pré-actionneurs grâce à ses entrées/sorties industrielles ;
- Il est conçu pour fonctionner dans des ambiances industrielles sévères (température, vibrations, micro coupeurs de la tension d'alimentation, parasites,...etc.) ;
- Sa programmation à partir des langages spécialement développés pour le traitement de fonctions d'automatisme facilite son exploitation et sa mise en œuvre.



Pour étudier cet équipement connecté à des systèmes réels en milieu industriel, il nous faut prendre en considération l'aspect matériel, l'aspect logiciel et la sûreté de fonctionnement.

Les API comportent cinq éléments principaux qui sont :

- Un processeur ;
- L'unité centrale (CPU) ;
- Des interfaces d'Entrées/Sorties ;
- Une mémoire ;
- Une alimentation.

La figure III.1 suivante représente la forme d'un automate programmable industriel.

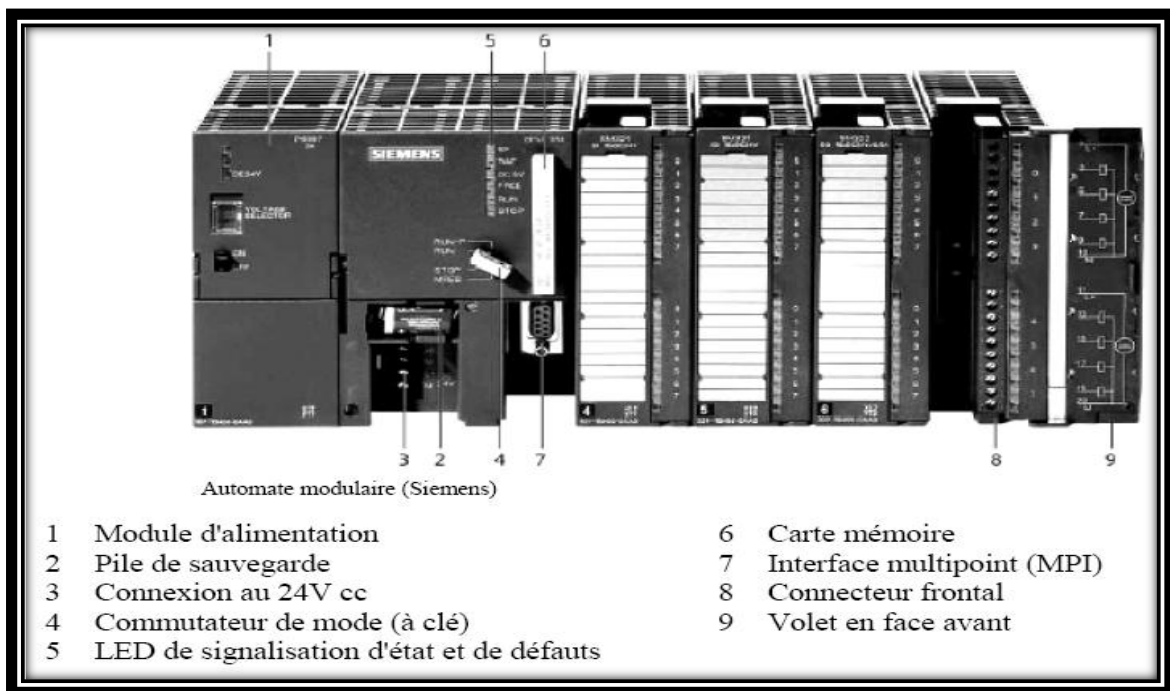


Figure III.1 : Automate Programmable Industriel SIEMENS

### III.2.2 Description des éléments d'un API

➤ **Le processeur**

C'est un ensemble de composants électroniques capables de réaliser les différentes opérations arithmétique et logique.

➤ **L'unité centrale (CPU)**

L'unité centrale UC est une carte électronique bâtie autour de processeur, qui assure au moins les fonctions suivantes :

- Opérations logiques sur bits (le bit, contraction de « biner digit », étant l'information élémentaire à deux états) ou sur mots (ensemble de bits, le plus souvent 16 pour les API).

- Temporisation et comptage.

➤ **L'interface d'entrées/sorties**

Les interfaces assurent l'échange d'information entre la CPU et le processus, en récupérant les informations sur l'état de ce dernier et en coordonnant les actions.

➤ **La mémoire**

Un système de processus est accompagné d'une ou plusieurs mémoires, elles permettent :

- De stocker le système d'exploitation dans les ROM ou PROM.
- De stocker le programme dans des EEPROM.

➤ **L'alimentation**

Elle fournit les tensions nécessaires à l'électronique de l'automate à partir des tensions usuelles. (110/220 V alternatif ou 24V continu).

### **III.2.3 Le critère de choix d'un automate**

Il revient à l'utilisateur d'établir le cahier des charges de son système et de regarder sur le marché l'automate le mieux adapter aux besoins, en considérant un certain nombre de critères importants :

- Choix de la société ou d'un groupe et les contacts commerciaux ;
- La maîtrise d'un logiciel de programmation est aussi source d'économie (achat du logiciel et formation de personnel) ;
- Le nombre d'entrées/sorties ;
- La nature des entrées/sorties (TOR, numérique, analogique) ;
- La nature du traitement (temporisation, comptage,...etc.) ;
- Le dialogue (la console détermine le langage de programmation) ;
- La communication avec les autres systèmes ;
- Les moyens de sauvegarde du programme (Disquette, carte mémoire,...) ;
- La fiabilité et la robustesse.

Après l'analyse fonctionnelle et l'étude du fonctionnement du procédé, on a défini les différentes entrées et sorties qui vont être gérées par l'automate programmable en tenant compte des critères cités ci-dessus, on a donc abouti au choix d'un automate de la gamme S7-300 de la firme SEIMENS.

### III.3 Présentation de l'automate S7-300

#### III.3.1 qu'est-ce qu'un automate S7-300 ?

Le SIMATIC S7-300 est un API modulaire. Il s'agit d'un système modulaire sous boîtier utilisé dans plusieurs branches de l'industrie moderne. Sa modularité lui permet de réaliser des fonctions de l'automatisme. Le SIMATIC S7 désigne un produit de la société SIEMENS, il est synonyme de la nouvelle gamme des automates programmables.

#### III.3.2 Constitution de l'automate S7-300

L'automate S7-300 est constitué d'une alimentation, d'une CPU, de modules d'entrées et de modules de sortie. A ceux-ci peut s'ajouter des modules de communication et des modules spécifiques destinés à des fonctions particulières telles que la commande à périphériques décentralisés par exemple.

L'automate programmable industriel S7-300 est composé de différents éléments, comme la montre la figure III.2 ci-dessous.

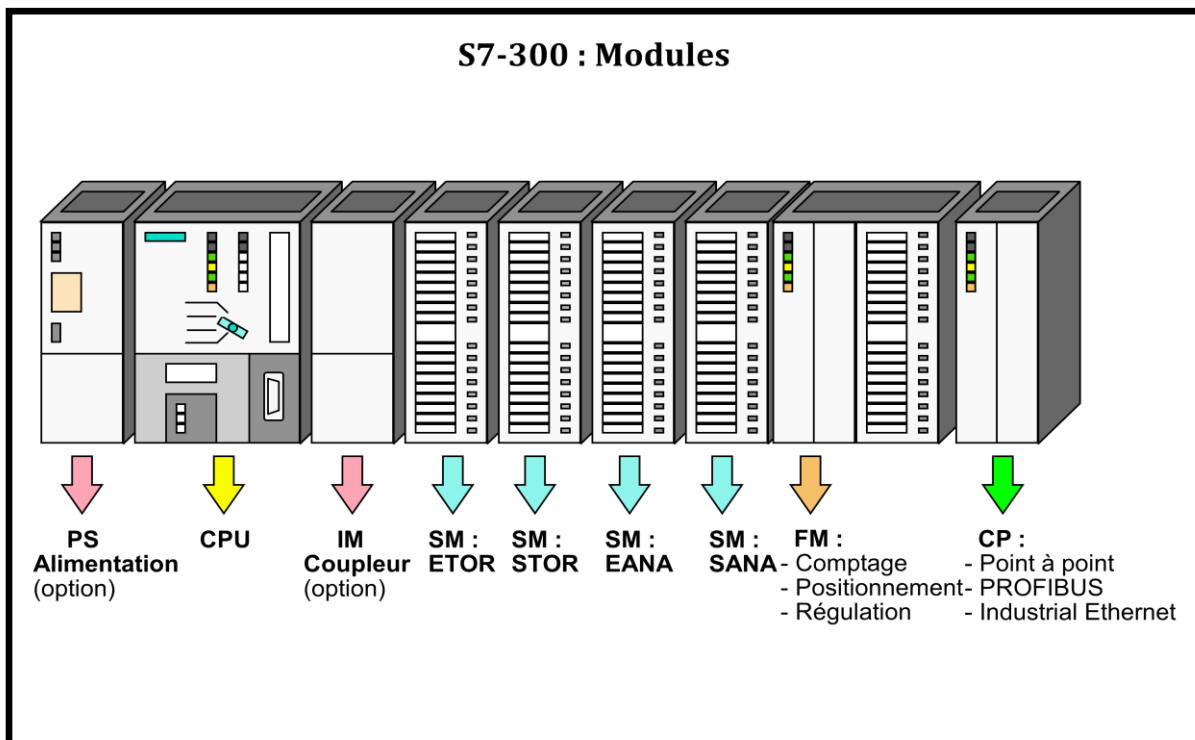


Figure III.2: Constituant externe de l'automate S7-300

### III.3.3 Description des éléments de l'automate S7-300

#### ➤ Profilé-support

Les profilés supports ou les châssis (rack) constituent des éléments mécaniques de base de la SIMATIC S7-300, ils remplissent les fonctions suivantes :

- La fixation des modules ou l'assemblage mécanique des modules.
- La distribution de la tension.
- L'acheminement du bus de fond de panier aux différents modules.

Dans le S7-300 les modules sont fixés dans l'ordre et leurs nombres sont limités c'est-à-dire que le profilé-support dans le S7-300 contient au maximum 11 emplacements.

#### ➤ Modules d'alimentation (PS)

Le module d'alimentation assure la conversion de la tension du secteur (ou du réseau) en tension de (24, 48V, 120V ou 230V) pour l'alimentation de l'automate et des capteurs et actionneurs.

- Il remplit aussi des fonctions de surveillance et signalisation à l'aide des LEDS.
- Il permet de sauvegarder le contenu des mémoires RAM au moyen d'une pile de sauvegarde ou d'une alimentation externe.

#### ➤ Unité centrale de l'automate (CPU)

La CPU est le cerveau de l'automate car elle permet de :

- Lire les états des signaux d'entrées.
- Exécuter le programme utilisateur et élabore donc les ordres de commandes sorties.
- Régler le comportement au démarrage et diagnostiquer les défauts par les LEDS.
- Elle est munie d'un processeur qu'il a un rôle d'organiser les différentes relations entre la zone mémoire et les interfaces d'entrées/sorties. D'autre part à gérer les instructions du programme.

Le S7-300 dispose d'une large gamme de CPU à différents niveaux de performance, on compte les versions suivantes :

- ◆ **CPU à utilisateur standard : CPU 313, CPU 314, CPU 315 et CPU 316.**

**◆ CPU avec fonctions intégrées (CPU 312 IFM, CPU 314 IFM)**

Les fonctions intégrées permettent d'automatiser à moindre coût des tâches qui ne nécessitent pas la performance d'un module de fonction (**FM**), la particularité de ces CPU est qu'elles sont dotées d'entrées/sorties **TOR** intégrées, des EEPROM intégrées et des fonctions intégrées.

**◆ CPU avec interface PROFILBUS DP (CPU 315-2 DP, CPU 316-2 DP, CPU 318-2 DP)**

Elles sont utilisées pour la mise en place des réseaux, toutes ces CPU peuvent être utilisées comme maître DP ou esclave DP à l'exception de la CPU 318 – 2 DP où elle est utilisée uniquement comme un maître DP.

**➤ Coupleurs (IM)**

Les coupleurs sont des cartes électroniques qui assurent la communication entre les E/S (périphéries ou autre) et l'unité centrale. L'échange de l'information entre la CPU et les modules d'E/S s'effectue par l'intermédiaire d'un bus interne (liaison parallèle codée). Les coupleurs ont pour rôle le raccordement d'un ou plusieurs châssis au châssis de base. Pour l'API S7 – 300, les coupleurs disponibles sont :

- ◆ **IM 365** : Pour les couplages entre les châssis d'un mètre de distance au max.
- **IM 360** et **IM 361** : pour les couplages allant jusqu'à 10 mètres de distances.

**➤ Modules d'entrées/sorties Tout ou Rien (ETOR/STOR)**

Les modules d'entrées/sorties TOR constituent les interfaces d'entrées et de sorties pour les signaux tout ou rien (TOR) de l'automate. Ces modules permettent de raccorder à l'automate S7 – 300 des capteurs et des actionneurs TOR les plus divers, en utilisant si nécessaire des équipements d'adaptation (conditionnement, conversion...etc.). Les modules d'entrées ramènent le niveau des signaux TOR externes, issues des capteurs, au niveau du signal interne du S7 – 300. Les modules de sorties transportent le niveau du signal interne du S7 – 300 au niveau du signal requis par les actionneurs ou Pré-actionneurs.

**➤ Modules d'entrées/sorties analogiques (EANA/SANA)**

- **Entrées analogiques**

Les modules d'entrées analogiques (**SM 331**) convertissent un signal analogique issu des capteurs analogiques en un signal numérique. Ces modules ne comportent qu'un circuit de

conversion analogique numérique **CAN**, car la CPU de l'automate S7-300 ne peut lire que les valeurs analogiques binaires. La conversion analogique/numérique concerne les entrées analogiques des étendues de tension ( $\pm 80$  mV,  $\pm 250$  mV,  $\pm 500$  mV,  $\pm 5$  V,  $\pm 10$  V), de courant ( $\pm 10$  mA,  $\pm 3,2$  mA,  $\pm 20$  mA), de résistance (150  $\Omega$ , 300  $\Omega$  et 600  $\Omega$ ) et de température, en un mot (de compléments à 2) au format de 8, 12 ou 16 bits, afin que l'automate puisse traiter ces variables par la programmation (gestion d'alarme, contrôle, asservissement...).

- **Sorties analogiques**

Les modules de sorties analogiques (**SM 332**) réalisent la conversion des signaux numériques internes (du S7-300) en signaux analogiques destinés aux actionneurs ou pré-actionneurs analogiques, ces modules comportent donc des circuits de convertisseurs numériques analogiques **CNA**, le transfert des valeurs numériques vers le module s'effectue par multiplexage piloté par le processeur automate. La conversion des voies de sorties analogiques est réalisée séquentiellement, c'est-à-dire que les voies de sorties analogiques sont converties les unes après les autres. Cependant, il existe des modules où ils sont à la fois des modules d'entrées et sorties analogiques (**SM 334**), ces modules réalisent les deux fonctions.

La Figure ci-dessous illustre les modules d'entrées/sorties.

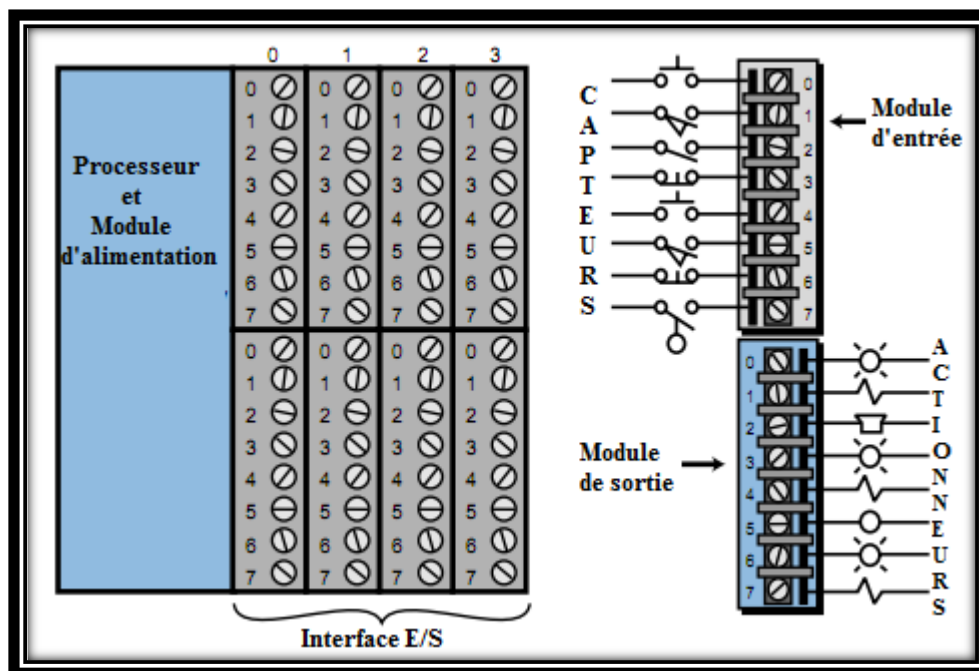


Figure III.3 : Illustration des modules d'entrées/sorties.

➤ **Modules de fonctions (FM)**

Ces modules réduisent la charge de traitement de la CPU en assurant des tâches lourdes de calculs. On peut citer les modules suivants :

- **FM 354 et FM 357** : Module de commande d'axe pour servomoteur ;
- **FM 353** : Module de positionnement pour moteur pas à pas ;
- **FM 355** : Module de régulation ;
- **FM 350 – 1 et FM 350 – 2** : Module de comptage.

➤ **Modules de communications**

Les modules de communication sont destinés aux tâches de communication par transmission en série, Ils permettent d'établir également des liaisons:

- **L'interface multipoint (MPI)** ;
- **Profibus** ;
- **Industriel Ethernet.**

### **III.3.4 Caractéristiques techniques de l'automate S7-300**

➤ Le S7-300 offre une gamme échelonnée de 24 CPU : des CPU standard parmi lesquelles la première CPU avec interface Ethernet intégrée, des CPU de sécurité et des CPU compacts avec fonctions technologiques ;

➤ Le S7-300 offre également une très large palette de modules d'E/S TOR et analogiques pour la quasi-totalité des signaux avec possibilité de traitement des interruptions ;

➤ Sa simplicité de montage et sa grande densité d'implantation avec des modules permettent un gain de place appréciable dans les armoires électrique ;

➤ Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules ;

➤ Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil " configuration matérielle ".

### **III.3.5 Fonctionnement de l'automate S7-300**

L'automate programmable industriel S7-300 a un fonctionnement cyclique. Le processeur est géré en fonction d'un programme qui est une suite d'instructions placées en mémoire. Lorsque le fonctionnement est dit synchrone par rapport aux entrées et aux sorties, le cycle de traitement commence par la prise en compte des entrées qui sont figées en mémoire pour tout

le cycle. Le processeur exécute alors le programme instruction par instruction en rangeant à chaque fois les résultats en mémoire. En fin de cycle les sorties sont affectées d'un état binaire, par mise en communication avec les mémoires correspondantes.

Ainsi, de nombreuses fonctionnalités assistent l'utilisateur lors de la programmation, de la mise en service et de maintenance du S7-300 :

- Exécution rapide des instructions ;
- Paramétrage convivial : le paramétrage des modules ne se fait intervenir qu'un seul outil logiciel présentant une interface unifiée ;
- Contrôle et commande par un même outil logiciel STEP7.

### **III.3.6 Les avantages de l'automate S7-300**

L'API S7-300 offre de nombreux avantages, parmi eux on cite :

- Une construction compacte et modulaire, libre de contraintes de configuration ce qui privilégie sa maintenabilité et la facilité de diagnostic ;
- Une large gamme de CPU adaptées à toutes les demandes de performances pour pouvoir obtenir des temps de cycle machines courts, certaines étant dotées de fonctions technologiques intégrées comme par exemple le comptage, la régulation ou le positionnement ;
- Une gamme riche de modules adaptés à tous les besoins du marché et utilisables en architecture centralisée ou décentralisée, qui réduit grandement le stock de pièces de rechange ;
- La facilité de mise en œuvre par rapport aux autres systèmes d'automatisation ;
- La possibilité d'agir sur deux paramètres matériel et programme ;
- La flexibilité : possibilité d'ajout ou de suppression d'une ou plusieurs entrées/sorties, ainsi qu'une amélioration ou ajout de fonctions sans avoir à refaire le câblage et cela à travers une console de programmation ;
- Possibilité de tester ses programmes avant utilisation ;
- Possibilité de maître en œuvre plusieurs automates en réseaux.



**III.4 Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons illustré la structure ainsi que les composants d'un API, tout en s'insistant sur les critères élaborés pour le choix de l'API qui se résument sur le choix de la CPU à partir du nombre d'entrées/sorties en premier lieu. Pour cela l'API SIMTIC S7-300 avec sa structure compacte et modulaire ainsi que d'autres privilèges nous ont donné la peine de l'adopter pour la mise en œuvre du projet.

Comme pour chaque gamme d'API, le constructeur mis à la disposition de ses clients un logiciel de programmation correspondant, SEIMENS nous a offert le logiciel STEP7 unique pour les gammes S7-300 et S7-400.

**CHAPITRE  
IV**

**PROGRAMMATION AVEC  
STEP7**

**IV.1 Introduction**

Comme tout système à microprocesseur, les Automates programmables fonctionnent sur la base d'un programme qui lui définit les tâches à exécuter. La structure logicielle qui assure le fonctionnement d'un automate se compose de deux parties :

- Programme système (ou système d'exploitation) ;
- Programme utilisateur.

Dans ce chapitre, nous allons présenter le logiciel de programmation **STEP7**, les différentes étapes pour la réalisation du programme de la ligne récupération et traitement des saumures et on termine ce chapitre par la présentation du logiciel de simulation **PLCSIM**.

**IV.2 Présentation du logiciel de programmation STEP7****IV.2.1 Qu'est-ce que le STEP7 ?**

STEP 7 est le progiciel de base pour la configuration et la programmation des systèmes d'automatisations **SIMATIC** (S7-300, S7-400). Il fait partie de l'industrie logicielle **SIMATIC**.

Les fonctions suivantes peuvent être utilisées avec STEP 7 pour l'automatisation d'un procédé :

- La création et la gestion de projets ;
- La configuration et le paramétrage du matériel et de la communication ;
- La gestion des mnémoniques ;
- L'élaboration du programme ;
- Le chargement de programme dans des systèmes cible ;
- La simulation du programme avec **PLCSIM** ;
- Le test de l'installation d'automatisation ;
- Le diagnostic lors de perturbations de l'installation.

**IV.2.2 Différentes applications du STEP7**

Le logiciel **STEP7** met à la disposition de ses utilisateurs les applications de base suivantes :

- Le gestionnaire de projet ;

- La configuration du matériel ;
- L'éditeur de mnémoniques ;
- L'éditeur de programmes CONT, LOG, LIST ;
- Le logiciel de simulation PLCSIM.

### IV.2.3 Langage de programmation de STEP7

STEP 7 présente trois modes de programmation possibles qui peuvent être combinés dans le même programme :

- **Programmation à schéma contact (CONT) :**

C'est un langage de programmation graphique dont l'avantage réside dans le fait qu'il utilise des symboles très proches de ceux utilisés dans les schémas électriques à contact. En milieu industriel, ce type de langage permet l'adoption, sans effort particulier, d'un automate programmable par des utilisations de tout niveau, en particulier par des techniciens d'entretien puisqu'il facilite les opérations de maintenance et de dépannage par la parfaite correspondance avec les circuits classiques à relais.

- **Programmation à schéma logique (LOG) :**

C'est un langage de programmation graphique qui utilise les boîtes de l'algèbre de Boole pour représenter les opérations logiques. Les fonctions complexes, comme par exemple les fonctions mathématiques, peuvent être représentées directement combinées avec les boîtes logiques.

- **Programmation à liste d'instructions (LIST) :**

LIST est un langage de programmation textuel proche de la machine. Dans un programme LIST, les différentes instructions correspondent, dans une large mesure, aux étapes par lesquelles la CPU traite le programme. Pour faciliter la programmation, LIST a été complété par quelques structures de langage évolué (des paramètres de blocs et accès structurés aux données par exemple).

Un programme d'automate exprimé en langage liste est une suite d'instruction littérale où chaque instruction comprend un code opération et un opérande.

**IV.2.4 Structuration du programme****IV.2.4.1 Programmation linéaire et programmation structurée****➤ Programmation linéaire**

Le programme utilisateur peut s'écrire en entier en une seule liste ou dans un seul bloc où les instructions s'exécutent les unes après les autres jusqu'à la fin. Cela n'est toutefois recommandé que pour des programmes simples s'exécutant sur des CPU d'une mémoire peu importante. Le développement d'un tel programme par cette méthode devient difficilement gérable lorsque ce dernier dépasse un certain volume.

**➤ Programmation structurée**

La programmation structurée consiste à subdiviser un programme plus au moins complexe en plusieurs sous-programmes où chacun de ces sous-programmes est développé pour exécuter une tâche ou une fonction spécifique. Un autre programme dit programme principal sera chargé de gérer ces sous-programmes et d'en faire appel autant de fois qu'il est nécessaire.

**IV.2.4.2 Types de Blocs dans le programme utilisateur sous STEP 7**

Le logiciel de programmation STEP 7 permet de structurer le programme utilisateur, c'est-à-dire de le subdiviser en différentes parties autonomes (blocs). Il en résulte les avantages suivants :

- Ecrire des programmes importants mais clairs ;
- Standardiser certaines parties du programme ;
- Simplifier l'organisation du programme ;
- Modifier facilement le programme ;
- Simplifier le test du programme, car il peut être exécuté section par section ;
- Faciliter la mise en service.

Les principaux blocs utilisés pour la programmation sous STEP 7 sont :

**➤ Les blocs d'organisation (OB)**

Les blocs d'organisation (OB) constituent l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur. Ils sont appelés par le système d'exploitation selon leur priorité et gèrent le traitement des programmes cycliques et déclenchés par alarme, ainsi que le comportement à la mise en route de l'automate programmable et le traitement des erreurs.

Les blocs d'organisation définissent l'ordre dans lequel les différentes parties du programme sont traitées. L'exécution d'un OB peut être interrompue par l'appel d'un autre OB. Cette interruption se fait selon la priorité : les OB de priorité plus élevée interrompent les OB de priorité plus faible.

Suit une brève description des blocs d'organisation qu'on a utilisés dans notre programme :

- **Bloc d'organisation de traitement cyclique OB1**

Le bloc d'organisation OB1 sert à l'exécution cyclique du programme utilisateur. Dans ce bloc on fait appel aux blocs fonctionnels FB ou aux fonctions FC ou à d'autres types de structures. L'OB1 ne peut être appelé que par le programme système dès que l'exécution du programme.

- **Blocs d'organisation pour l'alarme temporisée OB21**

L'utilité des OB d'alarme temporisée est de programmer l'exécution retardée de certaines parties du programme utilisateur.

- **Blocs d'organisation pour l'alarme cyclique OB32, OB33 et OB35**

Des OB d'alarme cyclique sont mis à la disposition de l'utilisateur par les CPU S7 dont le but est d'interrompre le traitement de programme cyclique à des intervalles de temps précis. Le moment de déclenchement de la période est le passage de l'état de fonctionnement "Arrêt" (STOP) à l'état "Marche" (RUN).

- **Blocs d'organisation pour le traitement d'erreurs OB80 et OB121**

Les erreurs que les CPU S7 détectent et auxquelles elles peuvent réagir à l'aide de blocs d'organisation sont classables en deux catégories :

- ✓ Erreurs asynchrones (OB 80) : ces erreurs ne peuvent pas être directement associées au programme utilisateur traité ; il s'agit d'erreurs de classe de priorité, d'erreurs dans l'automate programmable (par exemple, module défaillant) ou d'erreurs de redondance. Si l'OB d'erreur asynchrone correspondant n'est pas chargé, la CPU passe à l'état "Arrêt" (STOP) à l'apparition d'une telle erreur.

- ✓ Erreurs synchrones (OB121) : ces erreurs peuvent être associées à une partie précise du programme utilisateur ; l'erreur apparaît pendant le traitement d'une opération précise. Si l'OB d'erreurs synchrones correspondant n'est pas chargé, la CPU passe à l'état "Arrêt" (STOP) à l'apparition d'une telle erreur.

- **Blocs d'organisation de mise en route OB100**

Les blocs d'organisation de mise en route permettent de définir les conditions dans lesquelles l'automate programmable doit être démarré. L'appel de ces blocs se fait après la mise sous tension de la CPU qui se trouve en mode de fonctionnement marche "RUN ou RUN-P". On distingue entre les modes de mise en route suivants :

- ✓ Démarrage à chaud ;
- ✓ Démarrage à froid.

- **Les blocs fonctionnels (FB)**

Les blocs fonctionnels sont subordonnés aux blocs d'organisation. Ils renferment une partie du programme qui peut être appelée dans l'OB1 ou dans un autre bloc fonctionnel FB.

Avant de commencer la programmation du bloc fonctionnel, il est indispensable de remplir la table de déclaration des variables d'entrées/sorties dans chaque bloc fonctionnel, en utilisant des noms qui ne figurent pas dans la table des mnémoniques, ainsi que les paramètres formels et les données statiques.

- **Les blocs FC**

Une fonction FC est un bloc de code sans mémoire. Les variables temporaires d'une fonction sont sauvegardées dans la pile des données locales qui sont perdues à l'achèvement de la fonction. Les fonctions peuvent faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde des données.

Une fonction contient un programme qui est exécuté quand cette fonction est appelée par un autre bloc en vue de :

- ✓ renvoyer une valeur de fonction au bloc appelant (exemple : fonctions mathématiques) ;
- ✓ exécuter une fonction technologique (exemple : commande individuelle avec combinaison binaire.

- **Les blocs de données (DB)**

Dans les blocs de données, sont mémorisées les données nécessaires au traitement du programme et les données affectées à chaque bloc fonctionnel. On distingue deux types de blocs de données :

- **Blocs de données d'instance**

Un bloc de données d'instance est associé à chaque appel de bloc fonctionnel transmettant des paramètres. Ces blocs contiennent les paramètres effectifs et les données statiques du FB. Les variables déclarées dans le FB déterminent la structure du bloc de données d'instance. L'instance est l'appel d'un bloc fonctionnel. Si, par exemple, un bloc fonctionnel est appelé cinq fois dans le programme utilisateur S7, il existe cinq instances de ce bloc.

- **Blocs de données globaux**

Contrairement aux blocs de code, les blocs de données ne contiennent pas d'instructions STEP 7 ; ils servent à l'enregistrement des données du programme utilisateur pouvant être utilisées par tous les autres blocs: ils contiennent des données variables que le programme utilisateur se sert.

### **IV.3 Création d'un programme utilisateur sous STEP7**

Avant de commencer la programmation, il est nécessaire de créer un projet sous STEP7 où on doit passer par plusieurs étapes très importantes telles que la création du projet, la configuration matérielle,... (Choix de la CPU, choix des blocs, choix des modules d'entrées/sorties,...). Les différentes étapes suivies pour l'élaboration de notre programme sont représentées ci-dessous :

#### **IV.3.1 Création du projet**

Les différentes étapes pour créer un projet sont :

- **Lancement du logiciel**

Double clique sur l'icône SIMATIC Manager sur le bureau Windows ; ceci lance l'assistant de STEP7.

Une fois l'assistant lancé, une première fenêtre s'ouvre à l'écran. C'est la fenêtre d'introduction de l'assistant qui nous permet de commencer la création de notre projet en cliquant sur suivant (voir Figure IV.1).





Figure IV.1: fenêtre de création du projet

### ➤ Choix de la CPU

En cliquant sur l'icône « suivant », la fenêtre ci-dessous (Figure IV.2) s'affiche. Cette fenêtre nous permet de choisir la CPU.

La gamme S7-300 offre une grande variété de CPU tels que la CPU 312, 314, 314IFM, 315, 315-2DP,....etc. et chaque CPU possède certaines caractéristiques différentes des autres et par conséquent le choix de la CPU pour un problème d'automatisation donné est conditionné par les caractéristiques offertes par la CPU choisie.

Dans notre cas, on dispose de 38 entrées TOR, 7 entrées analogiques, 15 sorties TOR et 3 sorties analogiques, et pour des raisons économiques aussi, on a choisi la CPU 314.

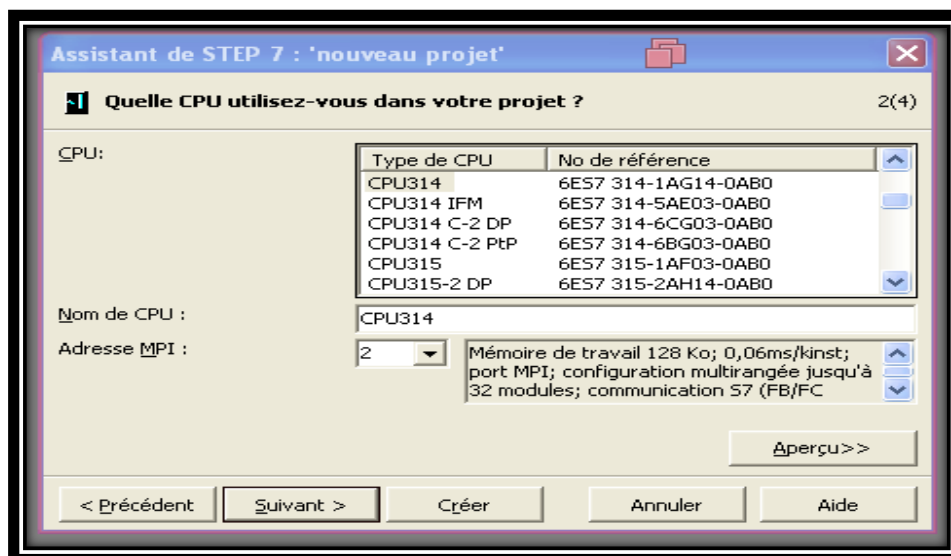


Figure IV.2: fenêtre de choix de la CPU

### ➤ Choix des blocs d'organisation

Après validation de la CPU, une autre fenêtre apparaît (Figure IV.3), cette fenêtre nous permet de choisir les blocs à utiliser dans notre projet et le langage de programmation entre les trois langages (LIST, CONT, LOG).

Pour notre projet on a choisi le langage à contact (CONT) et sept blocs d'organisations dont OB1 pour l'exécution de la hiérarchie du programme, OB 32/33/35 pour la gestion et l'exécution des blocs de régulation PID, OB 80/121 pour le traitement d'erreurs de système, OB100 qui permet de définir les conditions nécessaires de mise en route de l'automate.

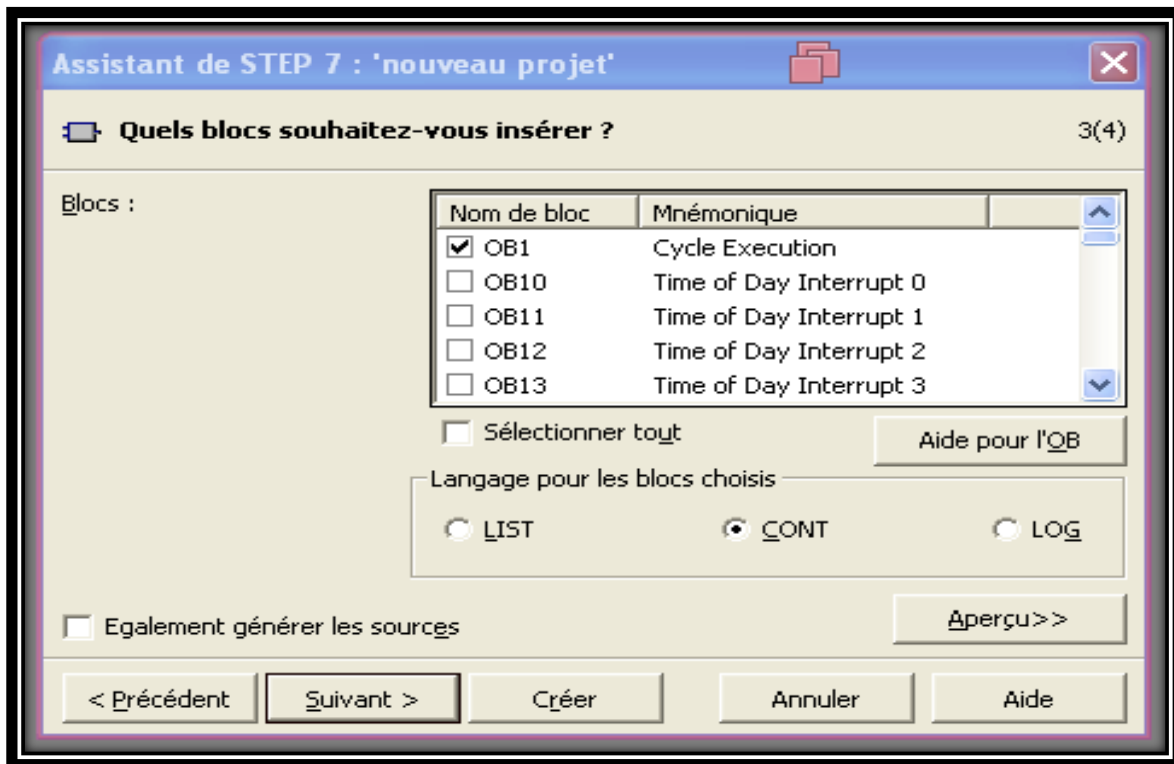


Figure IV.3: fenêtre de choix des blocs et du langage

### ➤ Nomination du projet

En cliquant sur suivant, une nouvelle fenêtre apparaît (Figure IV.4), elle nous permet de nommer le projet.

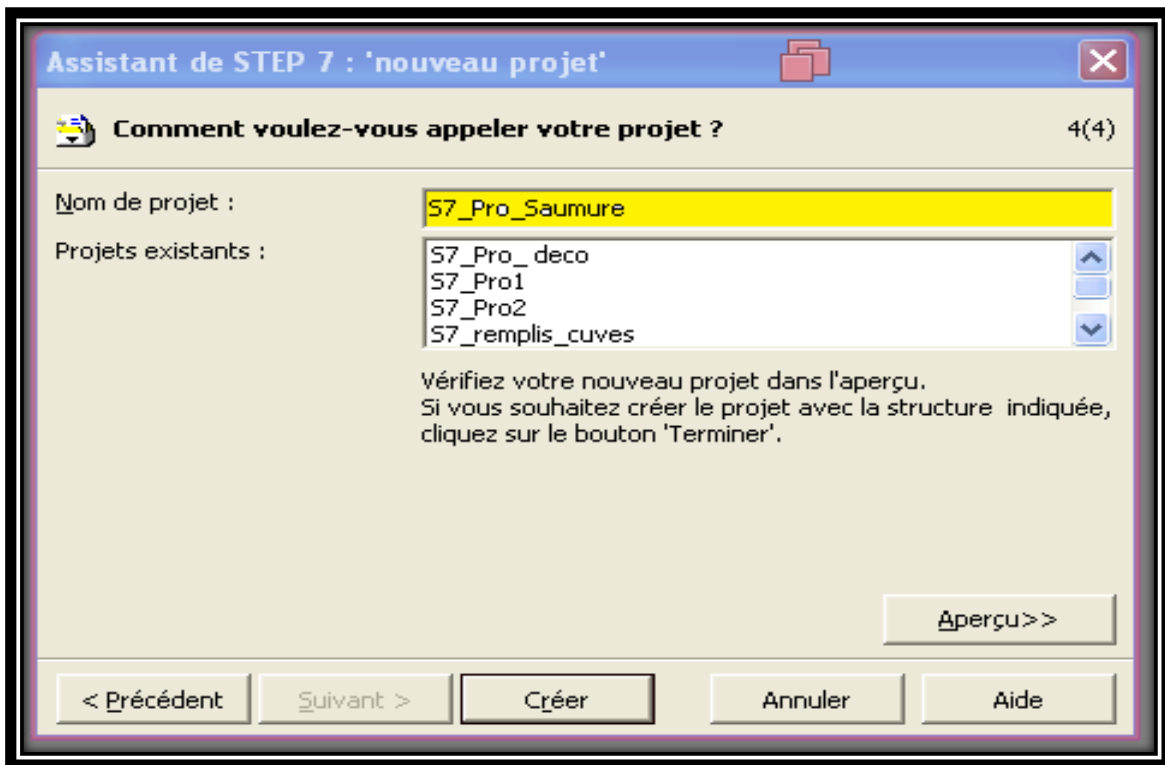


Figure IV.4: fenêtre de nomination du projet

En cliquant sur créer, le projet vient d'être mise au point.

### IV.3.2 Configuration matérielle

Après la création du projet, on passe à la configuration matérielle (Figure IV.5) qui est une étape très importante dans la programmation avec le STEP7.

La configuration matérielle dispose d'un profilé support ou rack qui contient des modules d'entrées/sorties TOR et/ou analogiques, des alimentations et d'une CPU.

Notre système est configuré comme suit :

- Le module d'alimentation **PS 307 5A** ;
- La **CPU 314** ;
- Un module d'entrées **TOR (DI32xDC24V)** ;
- Un module d'entrée **analogique (AI8x12Bit)** ;
- Un module d'entrées **TOR (DI16xDC24V)** ;
- Un module de sortie **TOR (DO16xDC24V/0.5A)** ;
- Un module de sortie **analogique (AO4x0/4-20mA)**.

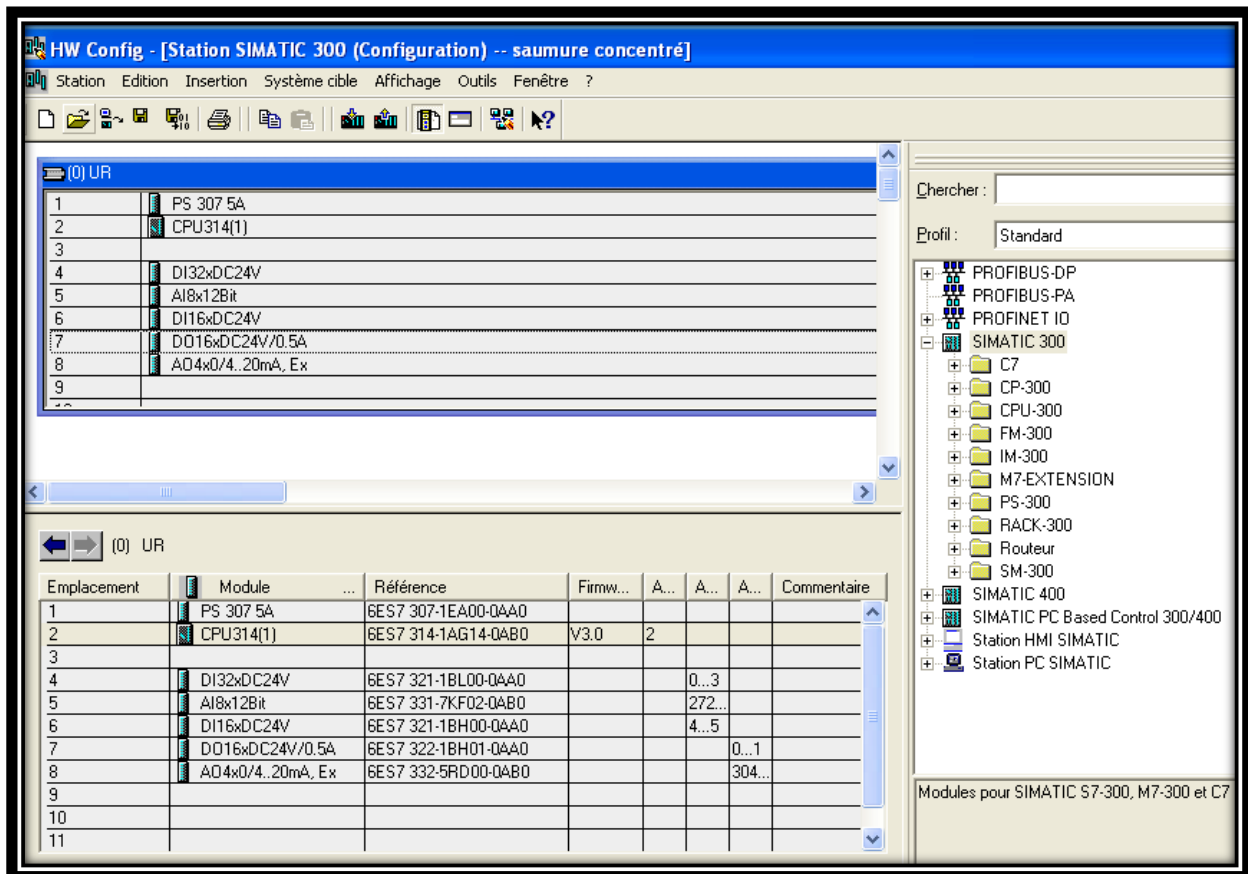


Figure IV.5: configuration matérielle

#### IV.4 Table des mnémoniques

Un mnémonique est un nom que l'utilisateur définit en respectant les règles de la syntaxe imposées. Il est destiné à rendre le programme utilisateur très lisible et aide donc à gérer facilement les grands nombres de variables couramment rencontrées dans ce genre de programme. Ce nom peut être utilisé pour la programmation et le contrôle commande, une fois son affectation terminée.

La figure IV.6 illustre une partie de la table des mnémoniques du projet.

	Etat	Mnémonique	Opéra	Type de d	Commentaire
1		vanne 4504_04	A 0.0	BOOL	
2		vanne 4510_11	A 0.1	BOOL	
3		vanne 4504_08	A 0.2	BOOL	
4		vanne 4510_12	A 0.3	BOOL	
5		Vanne 4530_06	A 0.4	BOOL	
6		P4502	A 0.5	BOOL	
7		Vanne 4530_07	A 0.6	BOOL	
8		aéro_concentr	A 0.7	BOOL	
9		vanne 4515_06	A 1.1	BOOL	
10		vanne 4543_11	A 1.2	BOOL	
11		vanne 4543_12	A 1.3	BOOL	
12		P4506	A 1.4	BOOL	
13		P4535_A	A 1.5	BOOL	
14		P4535_B	A 1.6	BOOL	
15		P4520	A 1.7	BOOL	
16		DB1	DB 1	FB 41	
17		DB2	DB 2	FB 41	
18		DB3	DB 3	FB 41	
19		fdc_ov4504_04	E 0.0	BOOL	
20		fdc_fv4504_04	E 0.1	BOOL	
21		fdc_ov4510_11	E 0.2	BOOL	
22		fdc_fv4510_11	E 0.3	BOOL	
23		fdc_ov4504_08	E 0.4	BOOL	
24		fdc_fv4504_08	E 0.5	BOOL	
25		fdc_ov4510_12	E 0.6	BOOL	
26		fdc_fv4510_12	E 0.7	BOOL	
27		RM_P4502	E 1.0	BOOL	
28		fdc_ov4530_06	E 1.1	BOOL	
29		RM_aeros	E 1.2	BOOL	
30		def_ther_P4502	E 1.3	BOOL	
31		fdc_fv4530_06	E 1.4	BOOL	
32		def_ther_Aéros	E 1.5	BOOL	
33		Arret_d'urgence_C	E 1.6	BOOL	
34		Arret_d'urgence_N	E 1.7	BOOL	

Figure IV.6: Table des mnémoniques

La suite de la table sera présentée dans l'annexe.

- **Données de référence : Tableau d'affectation**

Le tableau d'affectation (voir Figure IV.7) sert à gérer l'ordre et la hiérarchie des variables (entrées, sorties, mementos) pour éviter tout chevauchement possible.

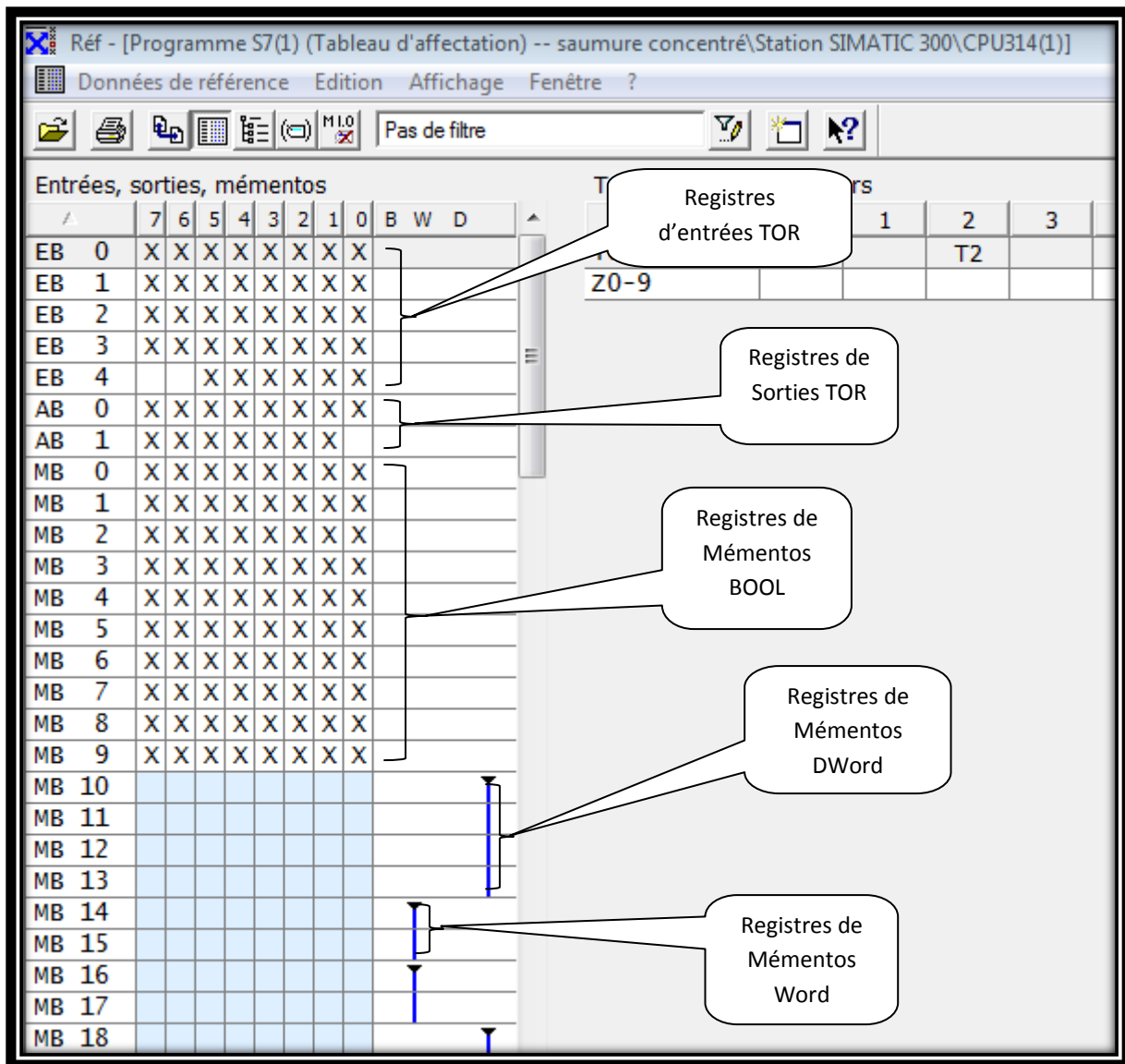


Figure IV.7: Tableau d'affectation

### IV.5 Elaboration du programme sous STEP7

Après la création de notre projet et la configuration du matérielle, et pour l'élaboration du programme, on a opté à une programmation structurée (voir Figure IV.8). Cette structure se subdivise en différents blocs d'organisation et blocs fonctions, cette méthode est généralement utilisée pour les automatismes complexes.

Chaque bloc fonction remplit une tache bien définie dans des conditions bien définies. Ces blocs fonctions seront assemblés dans le bloc **OB1** afin de constituer le programme principal qui sera exécuté d'une manière cyclique. Chaque fonction est dépendante de l'autre.

En revanche, les blocs d'organisations (OB32/33/35) s'exécutent indépendamment.

On dispose de 10 fonctions :

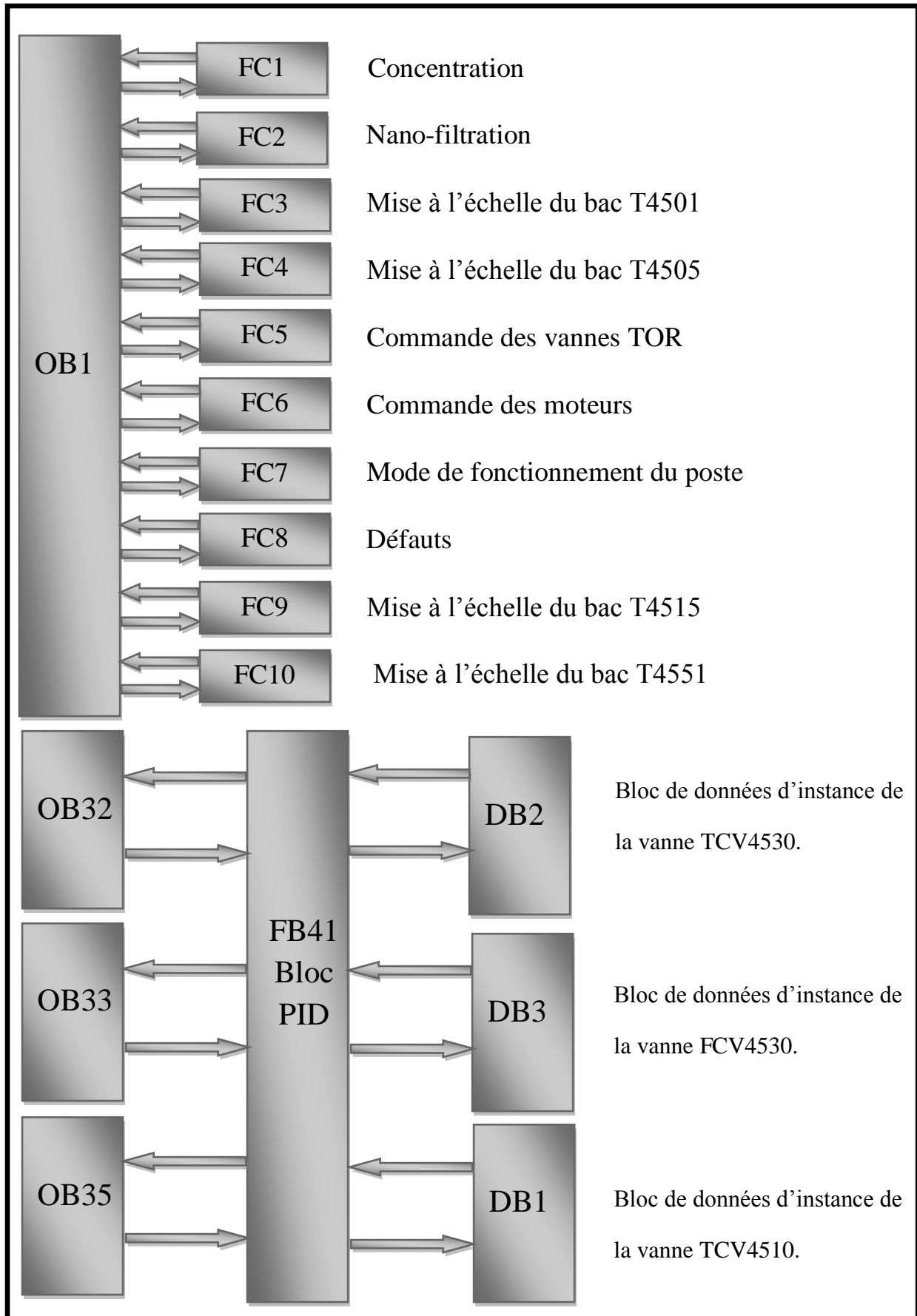


Figure IV.8 : Structure hiérarchique des blocs du modèle élaboré.

➤ **FC 01** : Cette fonction représente les différentes étapes de la ligne concentration.

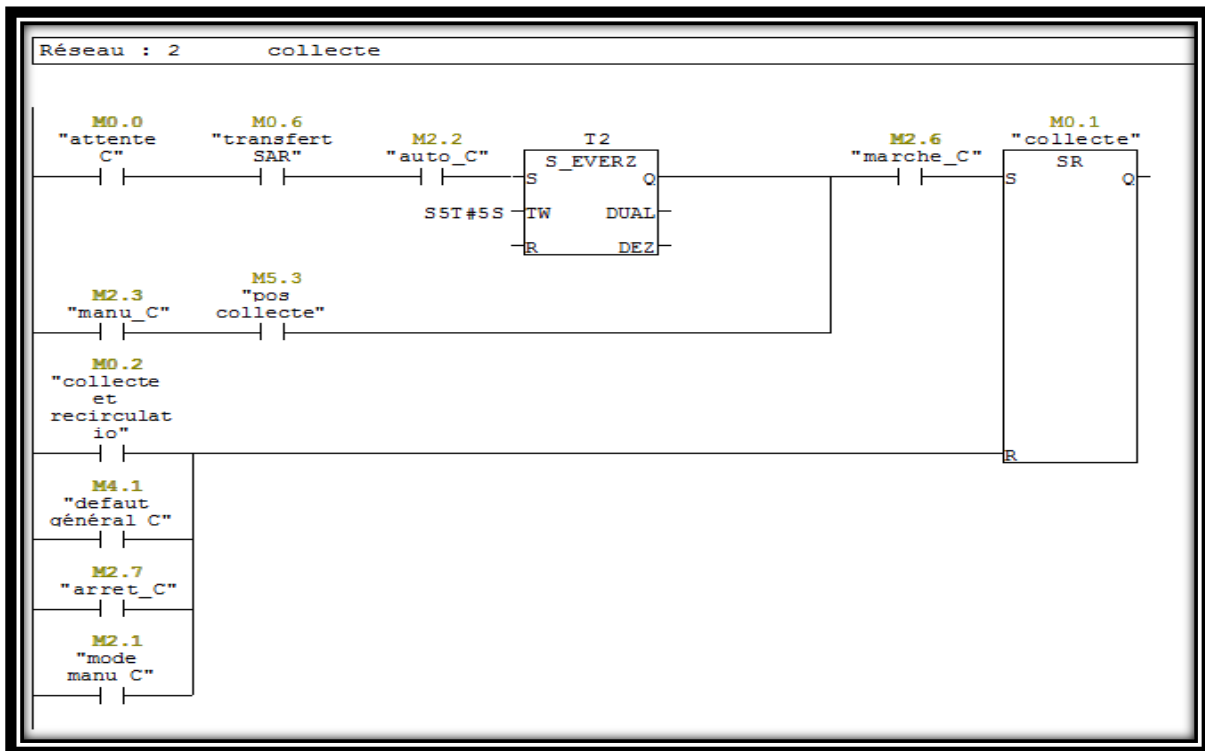


Figure IV.9: Exemple de programmation d'une étape de la ligne concentration

➤ **FC 02** : Elle représente les étapes de la ligne nono-filtration.

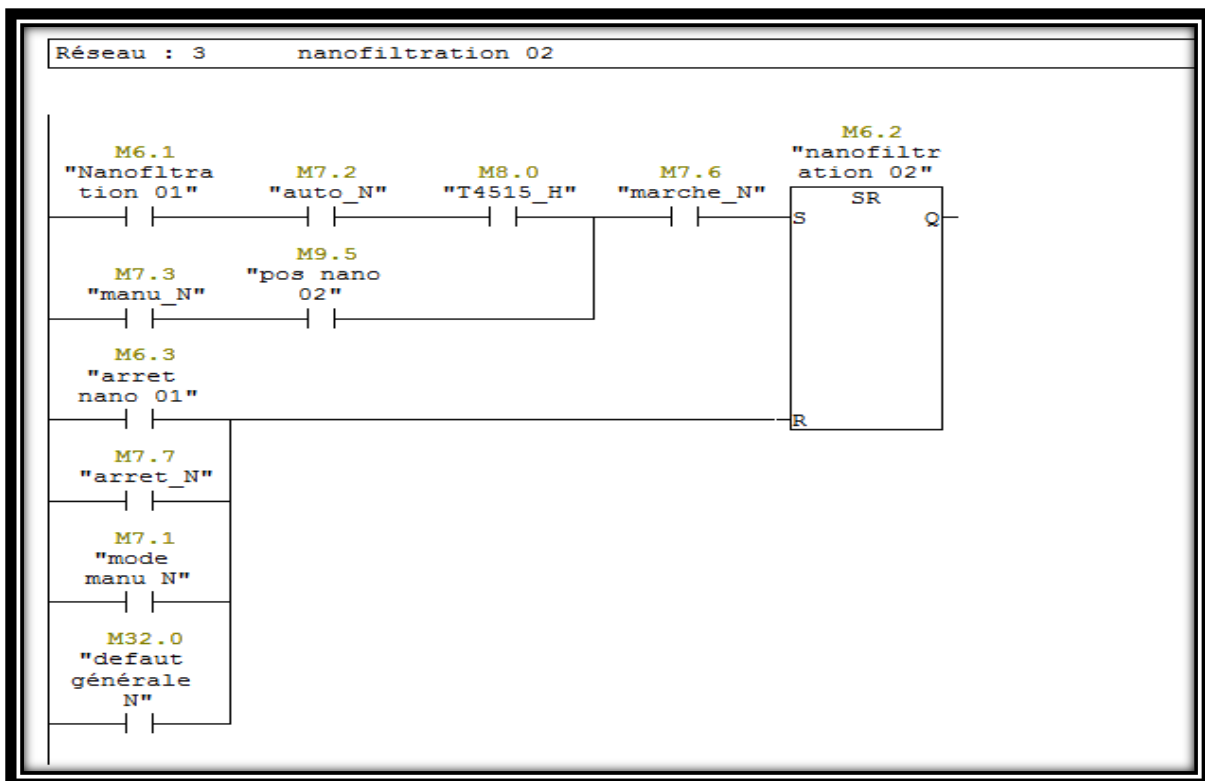


Figure IV.10: Exemple de programmation d'une étape de la ligne nano-filtration



- **FC 03, FC 04, FC 09 et FC10** : Elles sont conçues pour la mise à l'échelle et les seuils des bacs T4501, T4505, T4515 et T4551 respectivement dont voici un exemple :

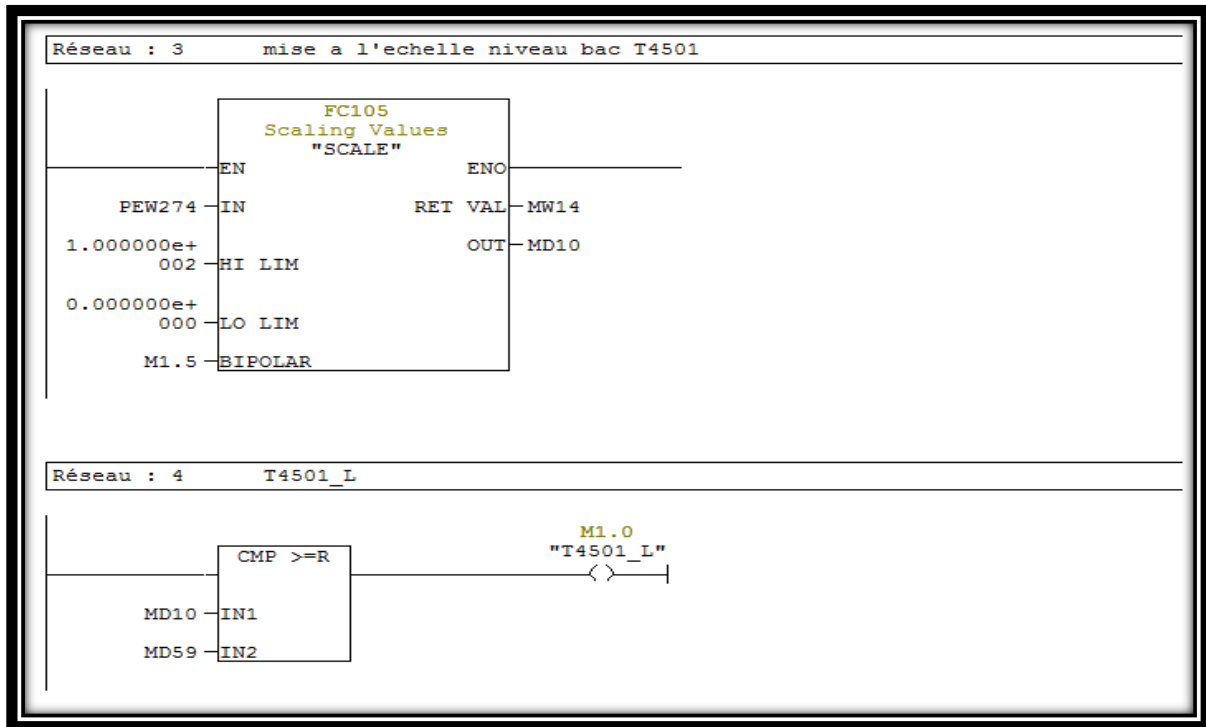


Figure IV.11: Exemple de mise à l'échelle

- **FC 05** : La cinquième fonction sert à commander les différentes vannes TOR.

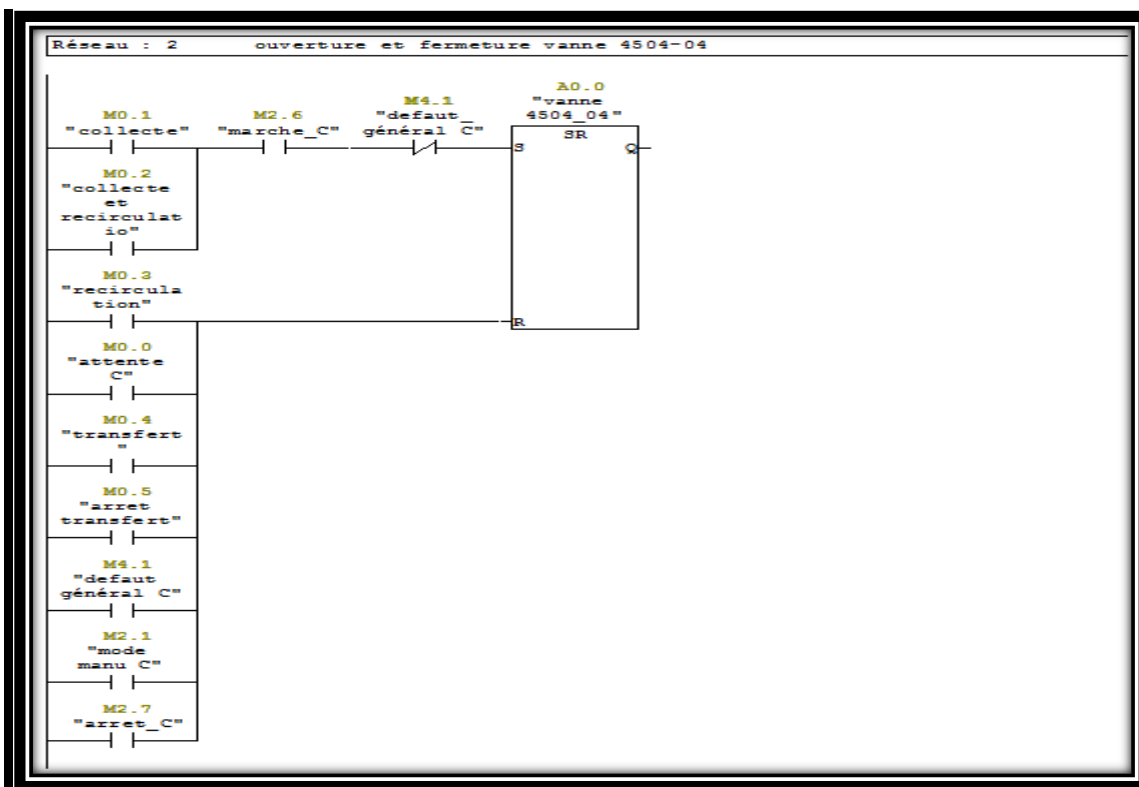


Figure IV.12: Exemple de programmation d'une vanne TOR

- **FC 07** : Elle représente les différents modes de fonctionnement (marche, auto,...etc.) des deux lignes.

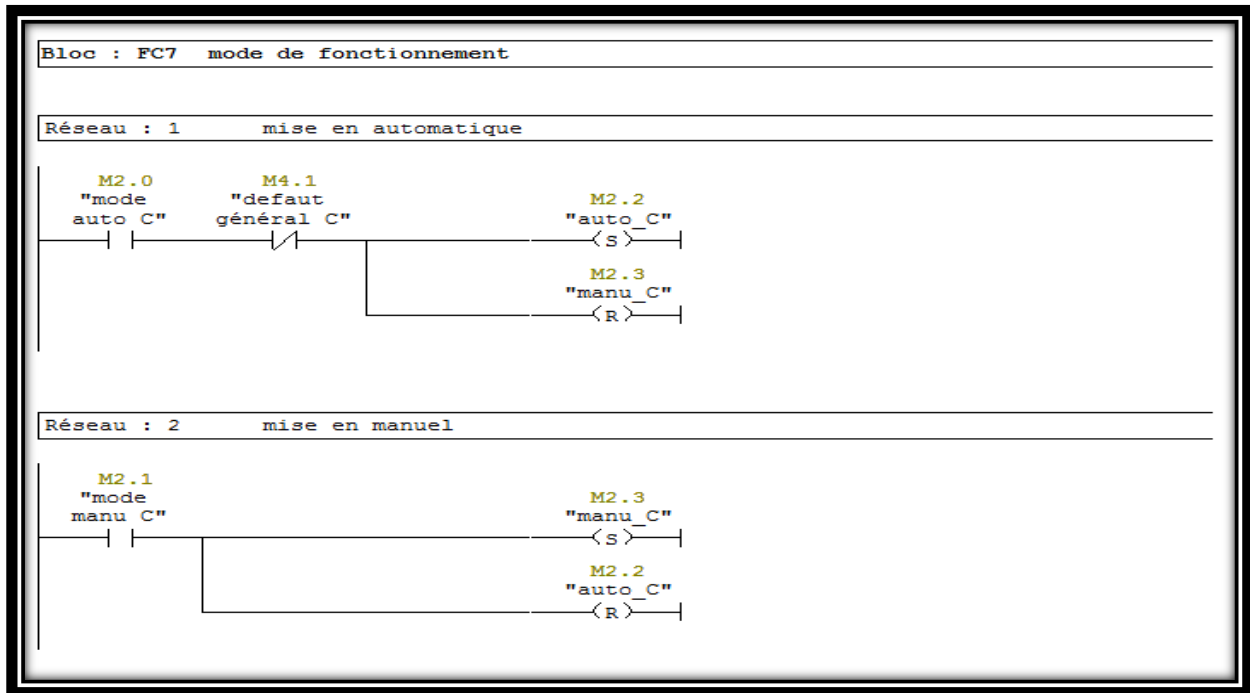


Figure IV.13: Exemple de programmation d'un mode de fonctionnement

- **FC 06** : Cette fonction contient les commandes de démarrage et d'arrêt des différents moteurs.

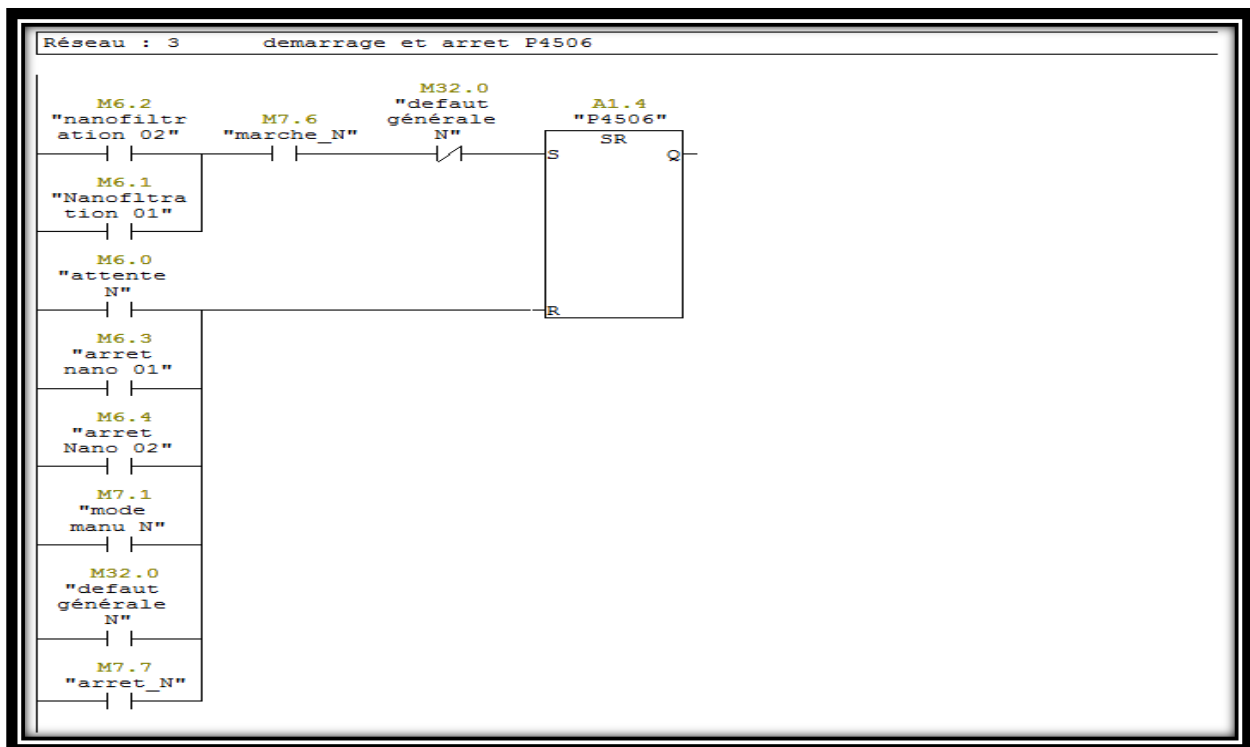


Figure IV.14: Exemple de programmation d'un moteur

- **FC 08** : La huitième fonctionne contient les conditions de sécurité (défauts, arrêt d'urgence,...).

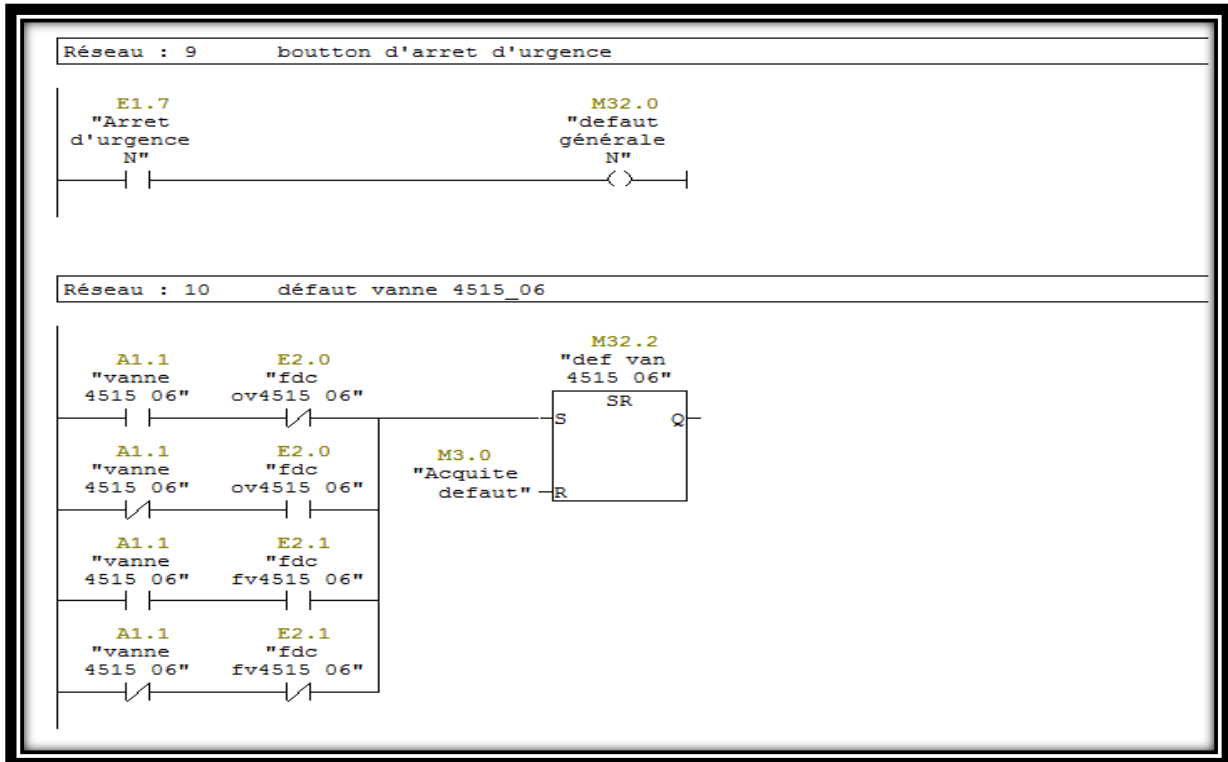


Figure IV.15: Exemple d'arrêt d'urgence et défaut d'une vanne

- **OB 1** : C'est au niveau de ce bloc qu'on fait appel aux fonctions précédentes pour les exécuter d'une manière cyclique.

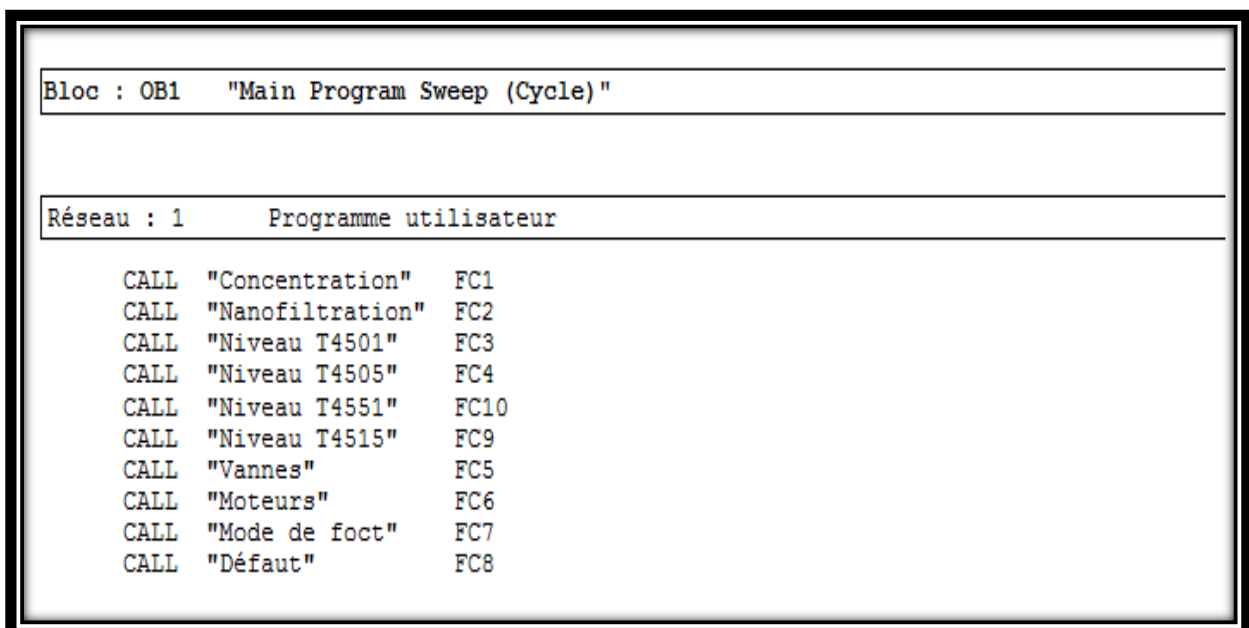


Figure IV.16: Bloc d'organisation OB 1

- **OB 32, OB 33 et OB 35** : Ces blocs servent à la régulation de la température (OB 35 et OB 32) et de la pression (OB 33) contenues dans le bloc PID prédéfini FB 41 qui nécessite une fréquence stable pour assurer le bon fonctionnement du bloc.

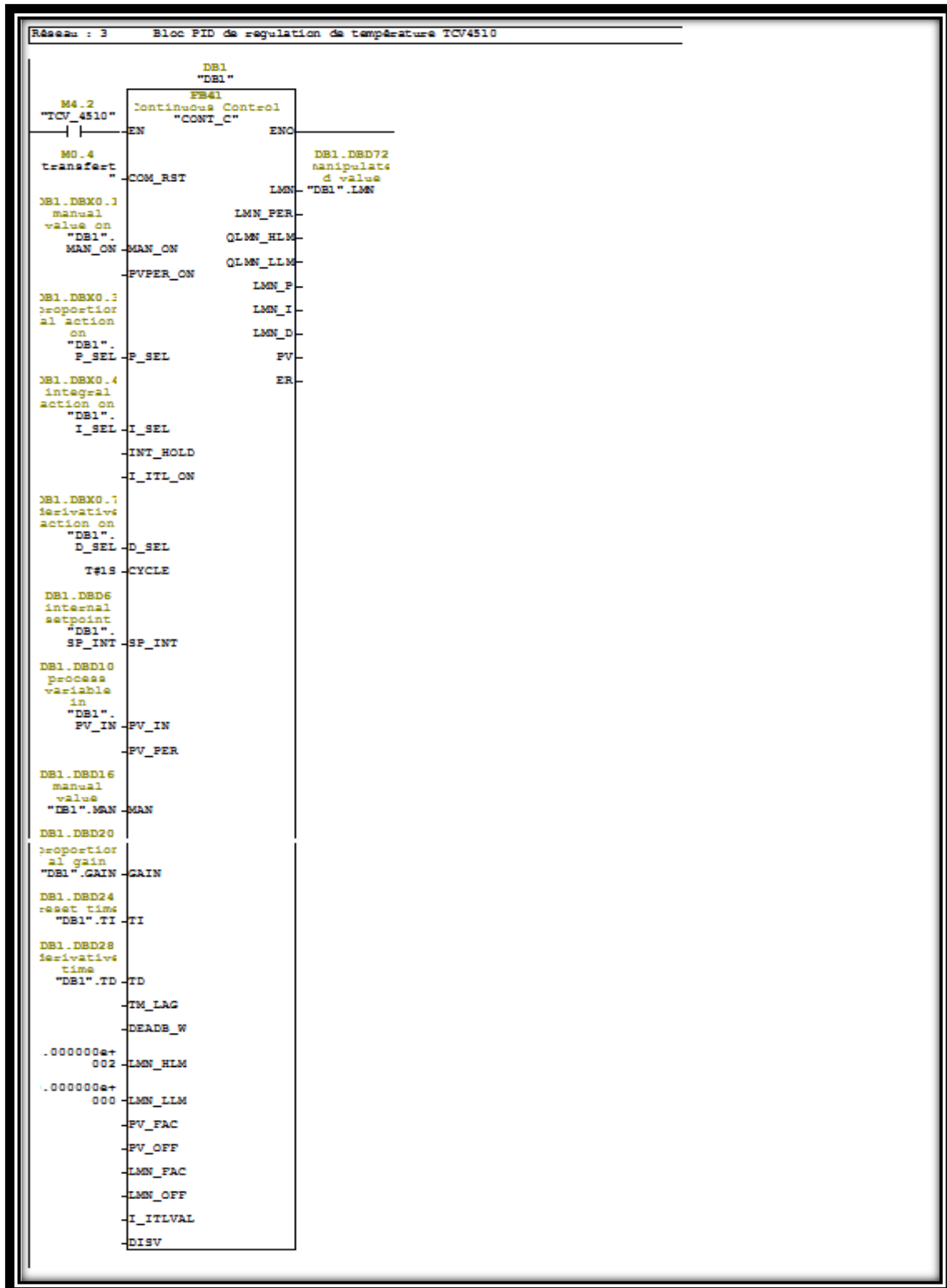


Figure IV.17: Exemple de programmation d'un bloc PID

## IV.6 Simulation du programme avec PLCSIM

Après l'élaboration du programme de notre système à automatiser, nous arrivons à l'étape décisive du travail effectué. Cette étape est la validation du programme par simulation et vérification de son bon fonctionnement.


L'application de simulation de modules S7-PLCSIM nous permet d'exécuter et de tester notre programme dans un système d'automatisation simulé sur un ordinateur ou une console de programmation. La simulation étant complètement réalisée dans le STEP 7, il n'est pas nécessaire qu'une liaison soit établie avec un matériel S7 quelconque (CPU ou modules de signaux). L'objectif de ce logiciel est le test des programmes STEP 7 pour les automates S7-300 et S7-400 qu'on ne peut pas tester immédiatement sur le matériel.

### IV.6.1 Présentation du S7-PLCSIM


S7-PLCSIM dispose d'une interface simple nous permettant de visualiser, de modifier le programme en cas d'erreur et de forcer les différents paramètres utilisés par ce dernier (activer ou désactiver des entrées.).

### IV.6.2 Mise en route du logiciel S7-PLCSIM

Le mode de simulation est disponible à partir du gestionnaire de projet SIMATIC, à condition qu'aucune liaison à des API ne soit établie. On peut suivre la procédure suivante pour la mise en route du logiciel S7-PLCSIM.

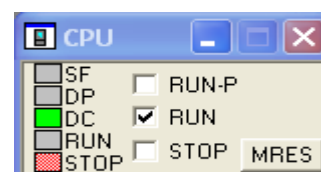
➤ Dans SIMATIC MANAGER, on active le logiciel de simulation en cliquant sur l'icône  ;

➤ ON charge le programme et les blocs en cliquant sur l'icône  ;

➤ Dans les différents blocs, on lance la visualisation en cliquant sur l'icône  ;

➤ On crée les fenêtres d'entrées, de sorties et de mémentos ;

➤ Mettre la CPU en mode RUN ou RUN-P



IV.6.3 Simulation de programme de l'unité

Une fois la CPU est en mode RUN, on peut commencer la simulation de notre programme en activant les conditions nécessaires pour chaque sous-programme.

Ci-dessous, quelques exemples de simulation :

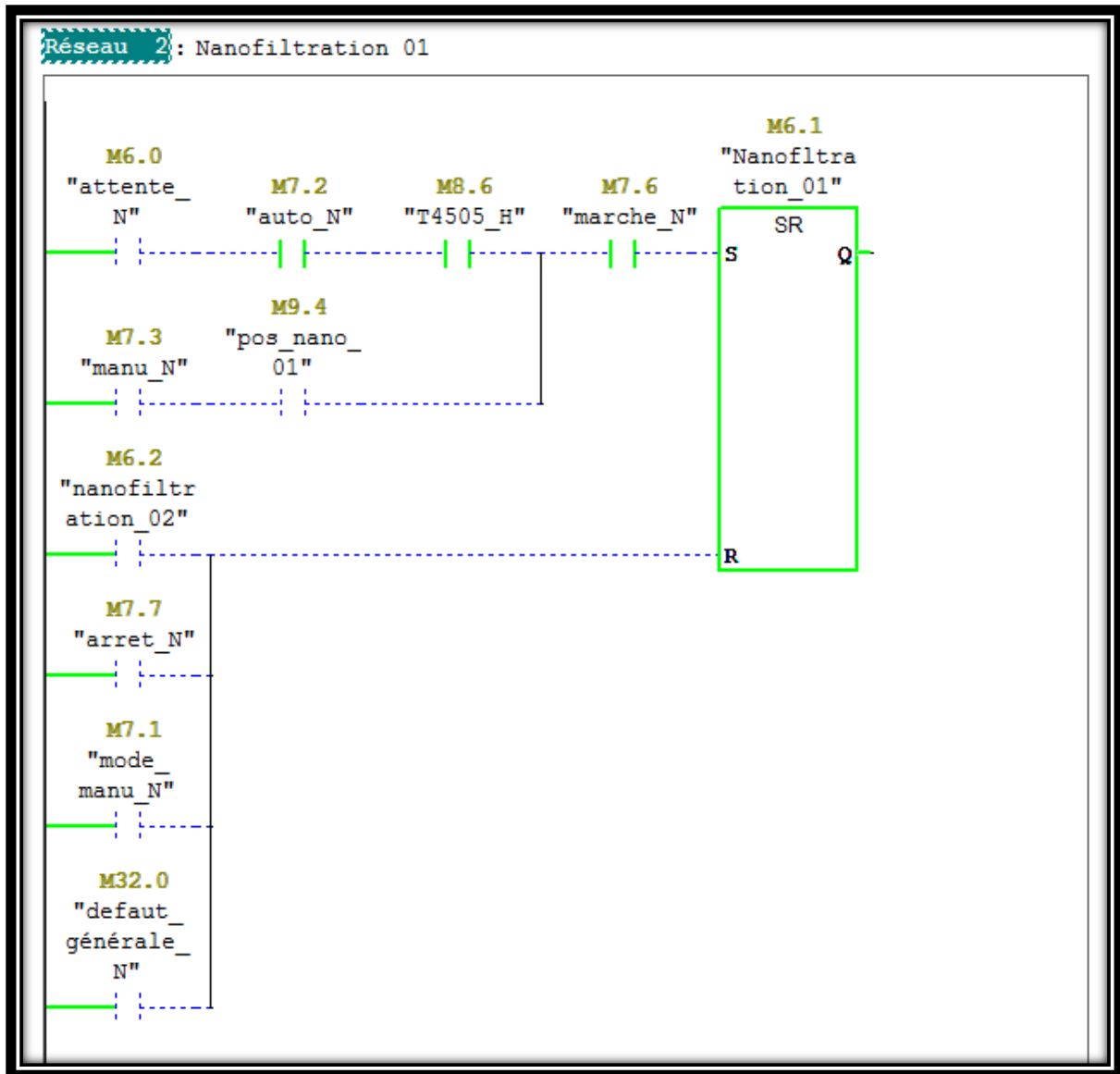


Figure IV.18: Simulation d'une étape de la ligne nano-filtration

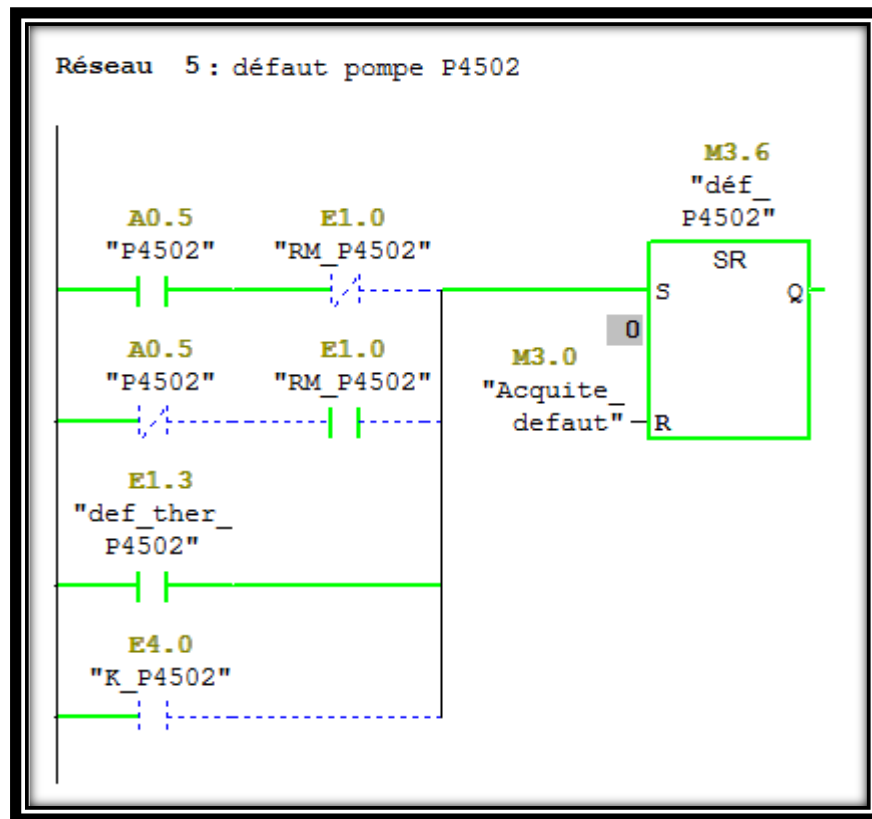


Figure IV.19: Simulation de défaut de la pompe P4502

**IV.7 Conclusion**

La programmation est un atout majeur des API, elle permet une multitude de traitements des informations reçues. Elle s’effectue dans des langages spécifiques adaptés à leurs champ d’activités, orienté à résoudre les problèmes.

Dans ce chapitre, on a présenté brièvement le logiciel de programmation STEP7, les différentes étapes de l’élaboration de notre programme et le logiciel de simulation S7-PLCSIM.

Dans notre programme, on a choisi une programmation structuré pour prendre en mains et maîtriser la complexité du process et grâce aux options de l’automate programmable S7-300 qui comporte des blocs de régulation configurés et prêts à l’emploi tel que le bloc de régulation continue FB41 "CONT\_C" qui remplacera les PID pneumatiques, on peut assurer un fonctionnement optimal malgré l’évolution rapide des paramètres à régler et existence des différentes perturbations considérables.

Le logiciel optionnel de simulation de modules S7-PLCSIM nous permet d'exécuter et de tester le programme avant de le charger dans l’automate réel.

**CHAPITRE**  
**V**

**SUPERVISION SOUS**  
**WINCC FLEXIBLE**



**V.1 Introduction**

La sécurité industrielle est une partie intégrante et indissociable de la commande, telle qu'on ne peut pas envisager une installation industrielle sans une coche qui assure la sécurité, en effet, la sécurité non seulement évite les explosions qui pourraient provoquer des dégâts matériels et humains mais aussi assure la continuité de la production, ainsi elle assure la survie de l'installation. Les techniques qui assurent la sécurité dans une installation industrielle sont : le diagnostic, la surveillance, la maintenance et la supervision, la supervision intervient plus souvent dans les milieux à haut risque tel que dans les installations nucléaires, chimiques...

La supervision industrielle consiste à surveiller l'état de fonctionnement d'un procédé pour l'amener à son point de fonctionnement optimal. Son but est de disposer en temps réel d'une visualisation de l'état d'évolution des paramètres du processus, ce qui permet à l'opérateur de prendre rapidement des décisions appropriées à ses objectifs tels que la cadence de production, qualité des produits et sécurité des biens et des personnes.

Notre objectif dans ce chapitre est de donner des généralités sur le logiciel de supervision WinCC flexible et de réaliser une supervision de la ligne récupération et traitement des saumures de la section de décoloration afin de surveiller et détecter des problèmes qui peuvent survenir au cours de fonctionnement du procédé.

**V.2 Généralités sur la supervision****V.2.1 Qu'est-ce que la supervision ?**

La supervision est une forme évoluée de dialogue Homme-Machine, elle consiste à surveiller l'état de fonctionnement d'un procédé.

Les fonctions de la supervision sont nombreuses, on peut citer quelques-unes :

- Elle répond à des besoins nécessitant en général une puissance de traitement importante ;
- Assure la communication entre les équipements d'automatismes et les outils informatiques d'ordonnancement et de gestion de production ;
- Coordonne le fonctionnement d'un ensemble de machines enchaînées constituant une ligne de production, en assurant l'exécution d'ordres communs (marche, arrêt, ...etc.) et de tâches telles que la synchronisation.

**V.2.2 Avantages de la supervision**

Un système de supervision donne de l'aide à l'opérateur dans la conduite du processus, son but est de présenter à l'opérateur des résultats expliqués et interprétés. Ses avantages principaux sont :

- La surveillance du processus à distance ;
- La détection des défauts ;
- Le diagnostic et le traitement des alarmes ;
- Le traitement des données.

**V.3 Présentation du logiciel de supervision Win CC flexible**

Lorsque la complexité du processus augmente et que les machines et les installations doivent répondre à des spécifications de fonctionnalité toujours plus sévères, l'opérateur a besoin d'un maximum de transparence. Cette dernière s'obtient au moyen de l'interface **IHM** (Interface Homme-Machine).

L'IHM constitue l'interface entre l'homme (opérateur) et le processus (machine/installation). Le contrôle proprement dit du processus est assuré par les automates programmables. Il s'établit par conséquent une communication entre WinCC et l'opérateur d'une part et entre WinCC et les automates programmables d'autre part.

**V.3.1 Les tâches d'un système IHM:**

Un système IHM se charge des tâches suivantes :

**➤ Représentation du processus**

Le processus est représenté sur le pupitre opératoire. Lorsqu'un état du processus évolue par exemple, l'affichage du pupitre opératoire est mis à jour.

**➤ Commande du processus**

L'opérateur peut commander le processus via l'interface utilisateur graphique, il peut par exemple définir une valeur de consigne pour un automate ou démarrer un moteur.

**➤ Vue des alarmes**

Lorsque surviennent des états critiques dans le processus, une alarme est immédiatement déclenchée, par exemple, lorsqu'un défaut surgit (valeur limite est franchie).

➤ **Archivage de valeurs processus et d’alarmes**

Les alarmes et valeurs processus peuvent être archivées par le système IHM, on peut ainsi documenter la marche du processus et accéder ultérieurement aux données de la production écoulée.

➤ **Documentation de valeurs processus et d’alarmes**

Les alarmes et valeurs processus peuvent être éditées par le système IHM sous forme de journal.

➤ **Gestion des paramètres du processus et des machines**

Les paramètres du processus et des machines peuvent être enregistrés au sein du système IHM dans des recettes. Ces paramètres sont transférables en une seule opération sur l’automate pour démarrer la production d’une variante du produit par exemple.

### **V.3.2 Utilisation et application de WinCC flexible**

WinCC flexible est le logiciel IHM pour la réalisation, par des moyens d'ingénierie simples et efficaces, de concepts d'automatisation évolutifs, au niveau machine. WinCC flexible réunit les avantages suivants:

- Simplicité ;
- Ouverture ;
- Flexibilité.

WinCC Flexible nous donne la possibilité d'accès à distance via un réseau pour les applications suivantes :

● **Contrôle-commande à distance**

On peut commander un pupitre opérateur et contrôler le process en cours depuis notre poste de travail.

● **Gestion à distance**

On peut transférer un projet sur un pupitre opérateur depuis notre poste de travail. Ceci nous permet d'actualiser des projets de manière centrale.

- **Diagnostic à distance**

Chaque pupitre met à notre disposition des pages HTML, dans lesquelles un navigateur nous permet de chercher par exemple le logiciel installé, sa version ou encore des événements système.

## **V.4 Création du projet sur WinCC flexible**

### **V.4.1 Configuration de WinCC flexible**

- **Composants de systèmes**

WinCC est un système modulaire. Il se compose du système de base WinCC et peut être complété avec des options de WinCC et des modules complémentaires.

Le système de base se subdivise en logiciel de configuration et en logiciel d'exécution Runtime.

- Le logiciel de configuration permet de créer un projet.
- Le logiciel Runtime permet de mettre le projet en œuvre dans le cadre du processus.

- **Totally Integrated Automation (TIA)**

Une solution d'automatisation complète est composée non seulement d'un système IHM tel que WinCC flexible, mais également d'autres composants, par exemple d'un système d'automatisation, d'un bus système et d'une périphérie.

Une intégration particulièrement étendue nous est proposée par WinCC flexible avec des composants appartenant aux familles de produits SIMATIC et SIMOTION:

- Configuration et programmation globales ;
- Gestion de données globale ;
- Communication.

- **Intégration dans l'environnement SIMATIC**

Les variables du processus représentent la liaison pour la communication entre le système d'automatisation et le système IHM. Sans les avantages de Totally Integrated Automation, nous devrions définir chaque variable à deux reprises : une fois pour le système d'automatisation et une fois pour le système IHM.

L'intégration de SIMATIC STEP 7 dans l'interface de configuration permet de diminuer la fréquence des erreurs et de réduire les tâches de configuration nécessaires. Durant la

configuration, nous accédons directement à la table des mnémoniques de STEP 7 ainsi qu'aux paramètres de communication.

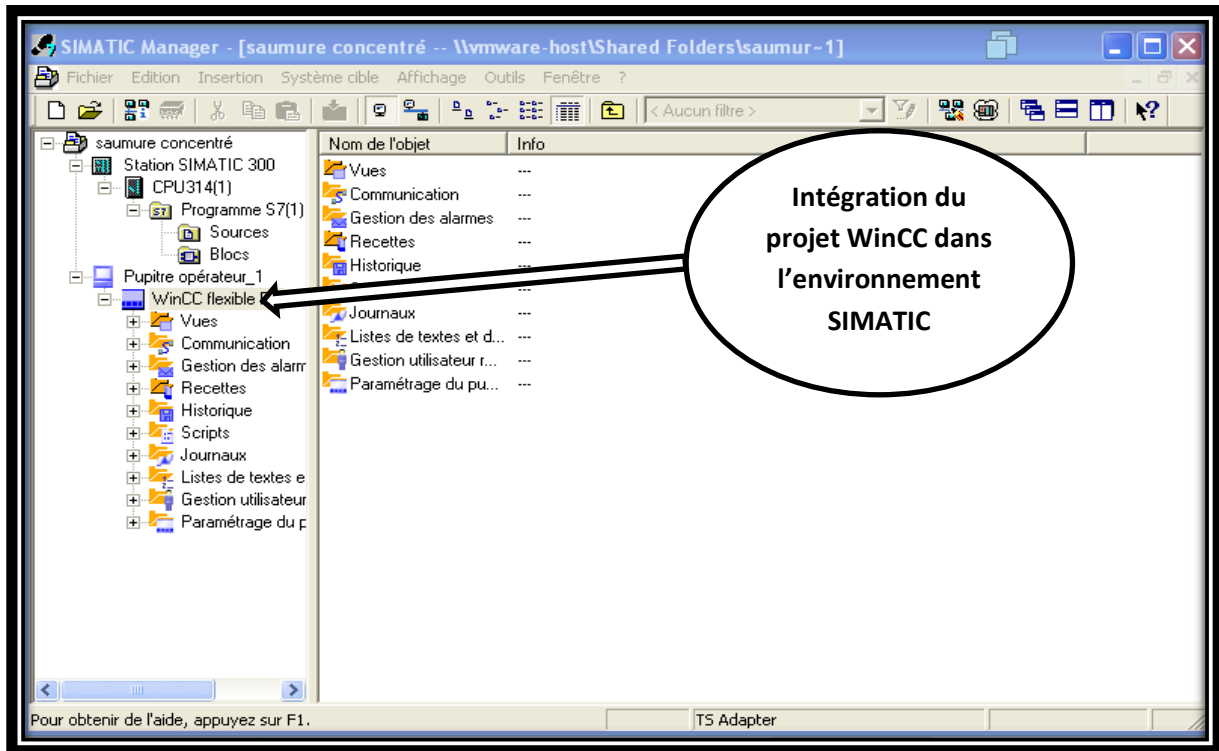


Figure V.1 Intégration du projet dans l'environnement SIMATIC

#### V.4.2 Présentation de la fenêtre de WinCC flexible

WinCC flexible est le logiciel avec lequel on a réalisé toutes les tâches de configurations requises. L'édition WinCC flexible détermine les pupitres opératoires de la gamme SIMATIC HMI pouvant être configurés.

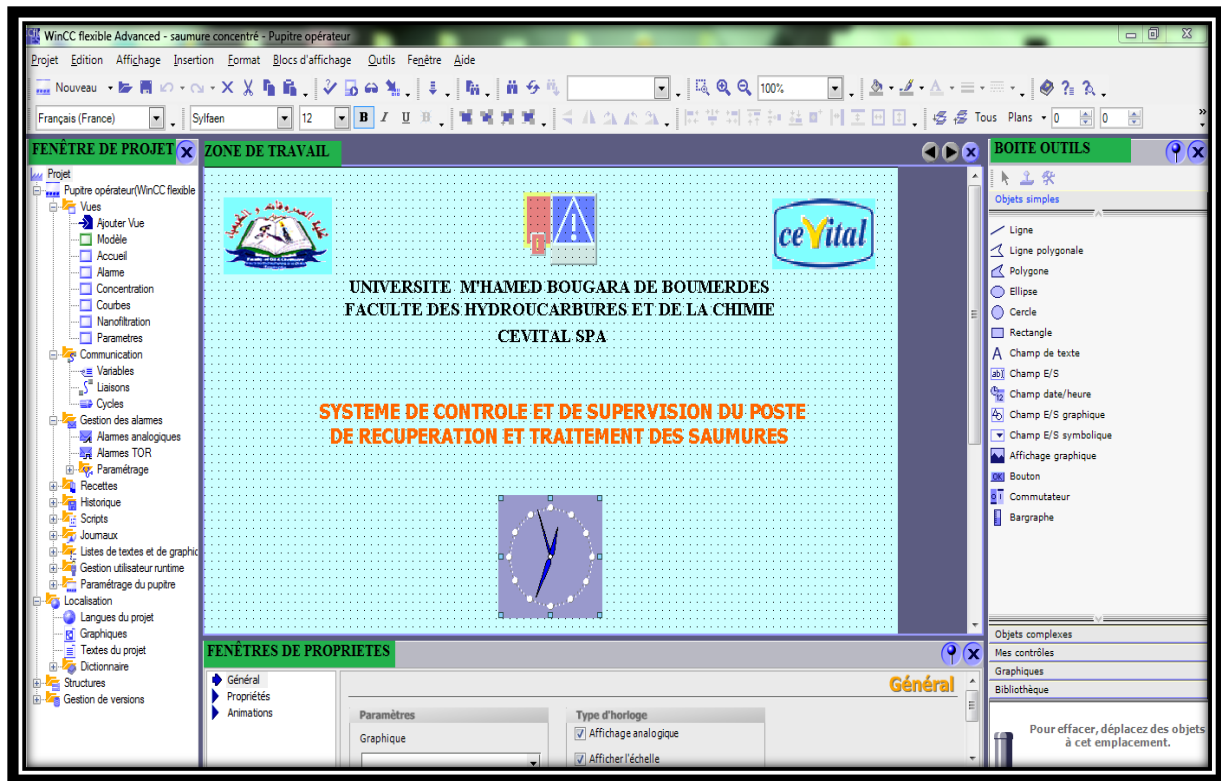


Figure V.2 : présentation de la fenêtre WinCC flexible

### V.4.3 Éléments de WinCC flexible

L'interface WinCC flexible est équipée de plusieurs éléments qui nous ont permis de concevoir notre projet (voir Figure 5.2), dont :

#### ➤ Zone de travail

La zone de travail sert à éditer les objets du projet. Tous les éléments de WinCC flexible sont disposés autour de la zone de travail. A l'exception de la zone de travail, on peut disposer et configurer, déplacer ou masquer tous les éléments.

#### ➤ Fenêtre de projet

Tous les éléments et tous les éditeurs disponibles d'un projet sont affichés sous forme d'arborescence dans la fenêtre du projet et peuvent être ouverts à partir de cette fenêtre.

Sous chaque éditeur se trouvent les dossiers, dans lesquels un stockage structuré des objets est possible. Pour les vues, les recettes, les scripts, les journaux et les dictionnaires personnalisés, on peut en outre accéder directement aux objets configurés. Dans la fenêtre de projet, on peut accéder aux paramètres du pupitre, à la localisation et à la gestion de versions.

➤ **Fenêtre des propriétés**

La fenêtre des propriétés nous permet d'éditer les propriétés des objets, par exemple, la couleur des objets de vue, affectation des variables aux objets.

➤ **Boîte à outils**

La fenêtre d'outils nous a proposé un choix d'objets que nous avons pu insérer dans nos vues, par exemple, des objets graphiques et éléments de commande. La fenêtre d'outils contient en outre des bibliothèques d'objets et collections de blocs d'affichage prêts à l'emploi.

➤ **La bibliothèque**

La bibliothèque fait partie de la fenêtre d'outils. La bibliothèque nous donne accès aux objets de vue préconfigurés. Les objets de la bibliothèque permettent d'augmenter la quantité d'objets de vue disponibles et d'améliorer notre productivité lors de la configuration par la réutilisation d'objets préconfigurés. La bibliothèque est le lieu central d'enregistrement des objets fréquemment utilisés tels que les objets graphiques et variables.

➤ **Fenêtre des erreurs et avertissements**

La fenêtre des erreurs et avertissements affiche les alarmes système générées, par exemple lors du test d'un projet.

#### **V.4.4 Création des vues**

Sous WinCC flexible, on peut créer des vues pour le contrôle-commande de machines et d'installations. Pour cela, on dispose d'objets prédéfinis permettant de représenter notre installation et de définir des valeurs de processus.

Une vue peut être composé d'éléments statiques et d'éléments dynamiques.

Pour notre projet, on a créé six vues :

- La première vue pour l'accueil ;
- La deuxième vue pour le process de concentration ;
- La troisième vue pour le process de nano-filtration ;
- La quatrième vue pour les alarmes et la détections des sources des défauts ;
- L'avant dernière vue pour les différents paramètres du process ;
- La dernière vue pour les courbes.

## V.5 Supervision et simulation du projet

Après la création des vues, leurs configurations et paramétrages sous WinCC flexible, et après l'exécution du programme sur STEP7 et la simulation avec PLCSIM, la supervision s'effectue avec WinCC flexible Runtime.

### V.5.1 WinCC flexible Runtime

Au Runtime, l'opérateur peut réaliser le contrôle-commande du processus. Les tâches suivantes sont alors exécutées:

- Communication avec les automates ;
- Affichage des vues à l'écran ;
- Commande du processus, par exemple, spécification de consignes ou ouverture et fermeture de vannes ;
- Archivage des données de runtime actuelles, des valeurs processus et événements d'alarme par exemple.

### V.5.2 Description et aperçu des différentes vues

#### ➤ Vue N°01 : Accueil

Cette première vue est l'interface d'accueil qui nous dirige vers les autres vues à partir des boutons de navigation configurés.

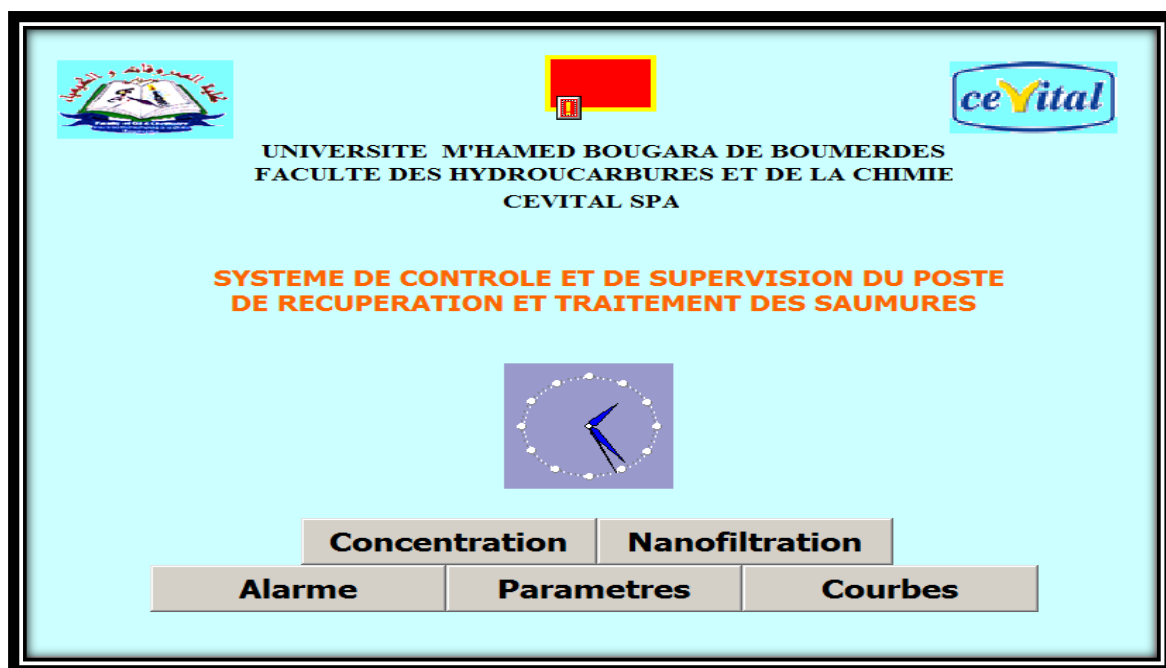


Figure V.3 : présentation de la fenêtre d'accueil du projet.



➤ **Vue N°02 et N°03: Concentration/ nano-filtration**

A partir du bouton **Concentration ou nano-filtration** de la première vue, on est dirigé vers l'interface du process où l'on a représenté le process de concentration et/ou nano-filtration. Ces vues nous permettent de visualiser et superviser le fonctionnement de chaque process (état des vannes, moteurs, remplissage des Bacs, alarmes ...).

Nous avons conçu des boutons pour le mode de fonctionnement du process :

- Arrêt/Marche pour la mise en marche et l'arrêt du procédé ;
- Auto/Manu pour le fonctionnement en automatique ou manuel ;
- Acquit\_défaut pour acquitter les défauts signalés ;
- Init pour réinitialiser le déroulement du process après l'acquiescement des défauts ;
- Positionner pour positionner manuellement le procédé à l'étape désirée ;
- Quitter RT pour quitter la supervision.

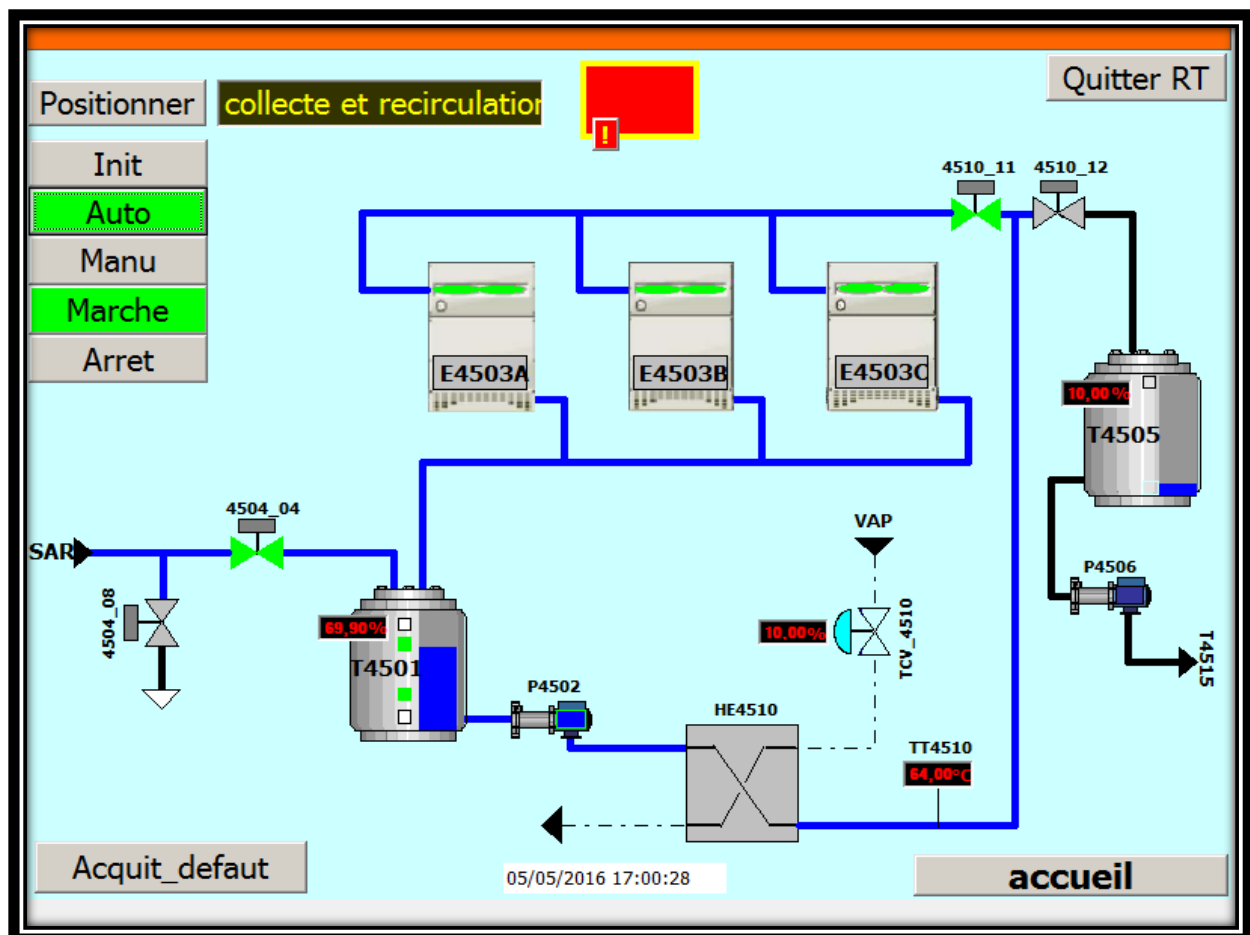


Figure V.4 : synoptique de l'étape N°03 de la ligne concentration

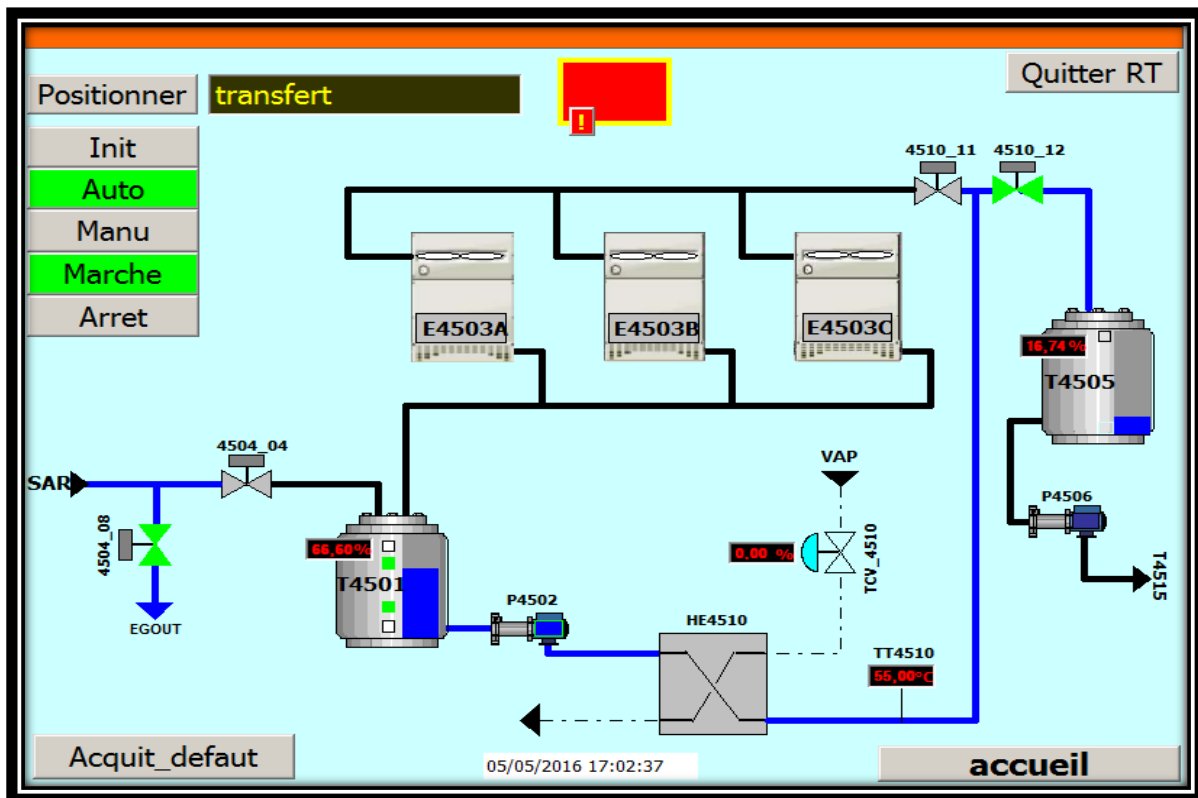


Figure V.5 : synoptique de l'étape N°05 de la ligne concentration

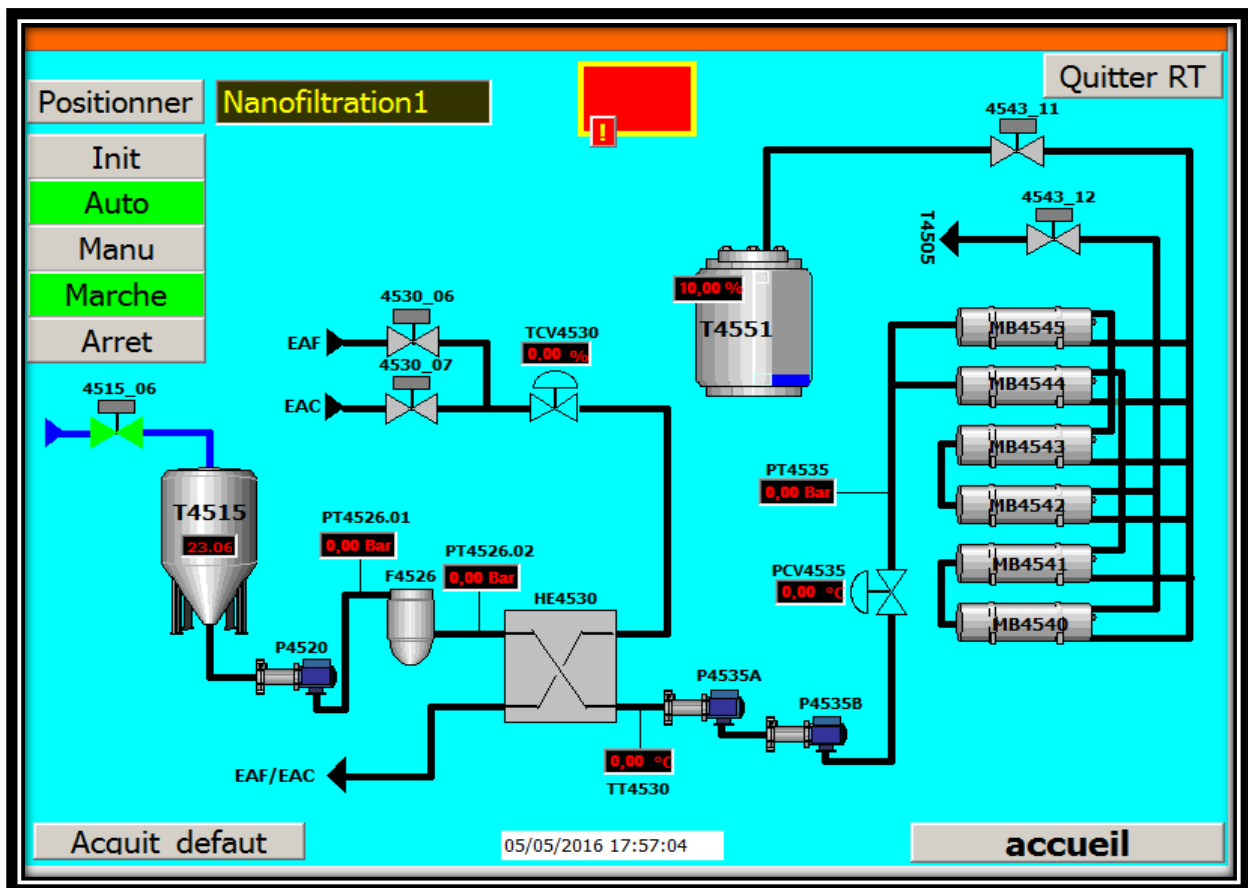


Figure V.6 : synoptique de l'étape N°02 de la ligne nano-filtration

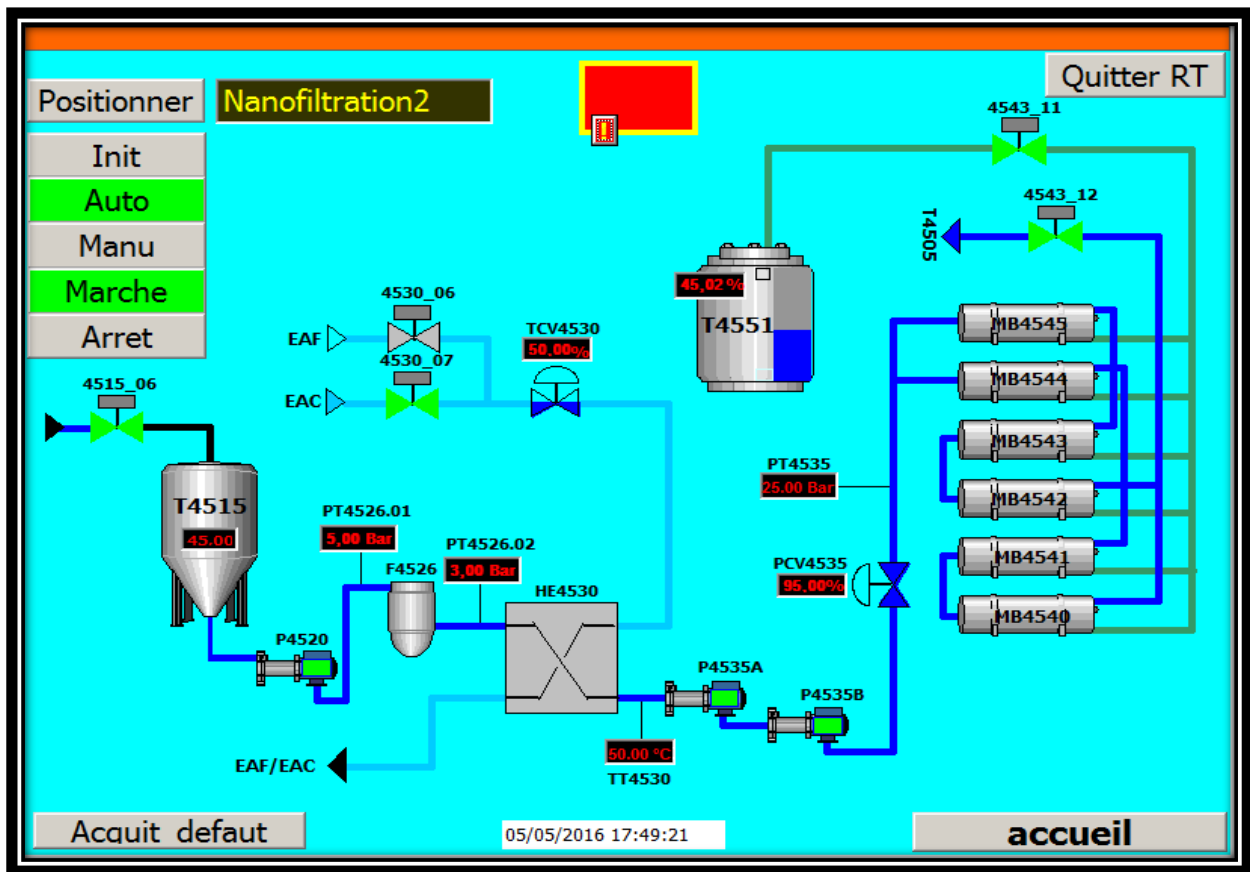


Figure V.7 : synoptique de l'étape N°03 de la ligne nano-filtration

➤ **Vue N°04 : Alarme**

A partir du bouton **Alarme** de la vue d'accueil, on est dirigé vers l'interface d'alarme qui nous indique la source des défauts de fonctionnement du process en temps réel, elle permis également d'archiver ses défaut au tant qu'historique.

N°	Heure	Date	Etat	Texte	GR
2	01:19:13	30/04/2016	A	déf_van4504_08	0
5	01:19:07	30/04/2016	A	déf_van4510_12	0
6	01:19:06	30/04/2016	A	déf_P4502	0
7	01:19:01	30/04/2016	A	déf_HE4510	0
1	01:18:58	30/04/2016	A	déf_van4504_04	0
4	01:18:50	30/04/2016	A	déf_van4510_11	0
9	01:17:26	30/04/2016	A	default_général	0
3	01:18:18	30/04/2016	A	HHH T4505	0
2	01:17:26	30/04/2016	A	LLL T4501	0

The interface also shows 'Acquit défaut' on the left, the date/time '30/04/2016 01:20:53' at the bottom, and 'accueil' on the right.

Figure V.8 : synoptique d'alarmes

➤ **Vue N°05: Paramètres**

Cette vue est illustrée pour définir les différents paramètres du process telle que les paramètres du PID des vannes régulatrice, les seuils des niveaux des bacs..., et les modifiés selon les exigences du process.

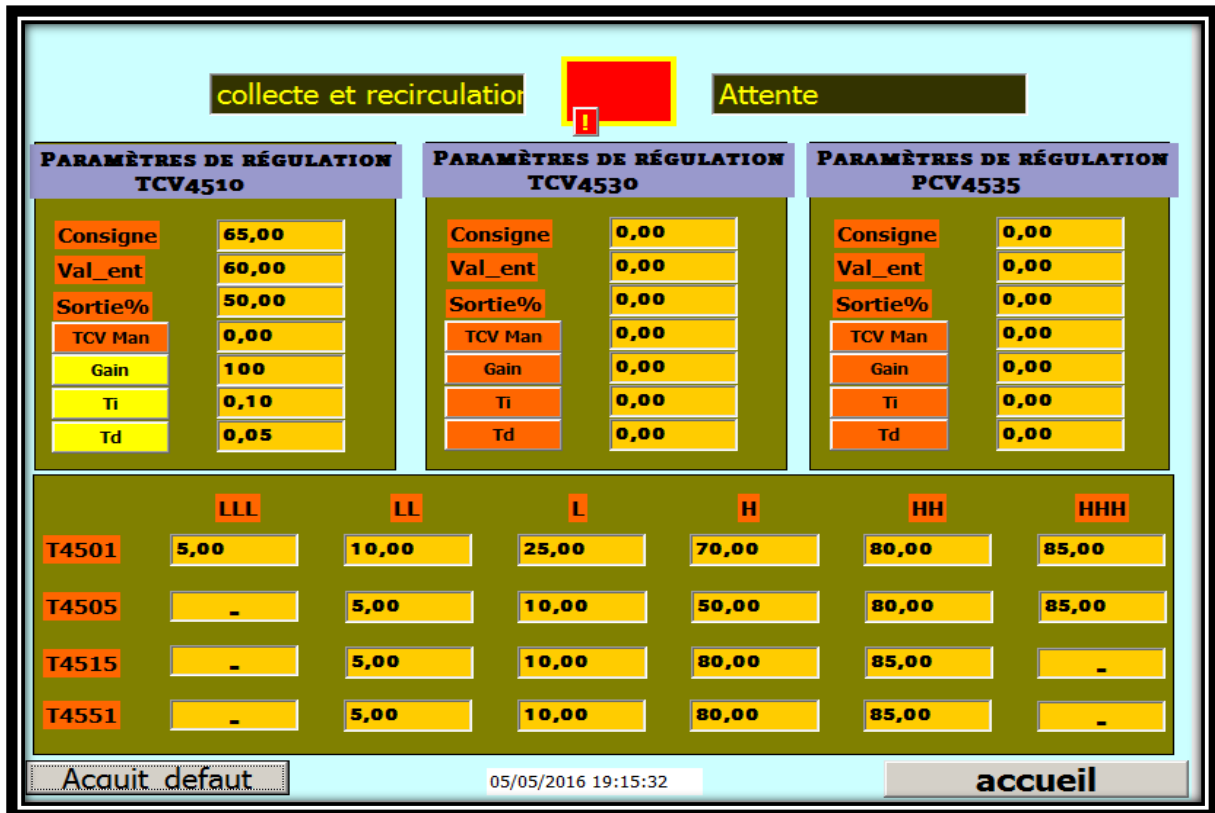


Figure V.9 : synoptique des différents paramètres

➤ **Vue N°07 : Courbes**

La vue des courbes nous donne la possibilité de suivre le remplissage des différents bacs graphiquement pendant le fonctionnement du procédé.

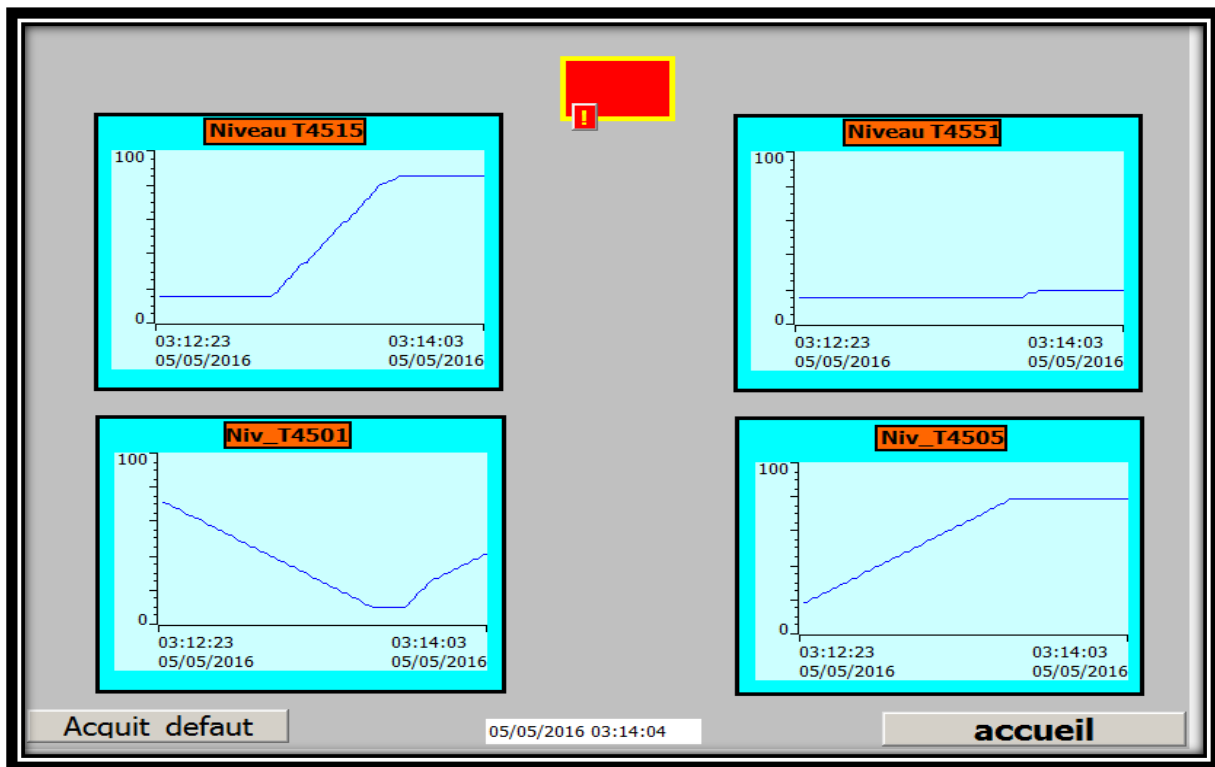


Figure V.10 : synoptique des courbes

## V.6 Conclusion

Dans ce chapitre on a réalisé les vues de contrôle et de supervision du poste récupération et traitement des saumures qui nous permettent de suivre l'évolution du procédé en temps réel.

On a constaté que le logiciel de supervision WinCC Flexible est très riche en options, il est très puissant dans les solutions globales d'automatisation car il assure un flux continu d'informations. Ses composants conviviaux permettent d'intégrer sans problème les applications dont on a besoin. Il combine entre l'architecture moderne des applications Windows et la simplicité du logiciel de conception graphique et il intègre tous les composants nécessaires aux tâches de visualisation et de pilotage, donc il suffit d'imaginer le design de l'installation et tous les effets d'animations qui seront nécessaires pour bien apporter l'état réel de l'installation à l'opérateur avec plus d'informations à partir des messages configurés et l'attribution des couleurs différentes pour les états différents des objets.

Grâce au logiciel de visualisation du processus qu'il possède, il nous a permis de contrôler facilement et avec clarté toutes les opérations d'automatisation du poste récupération et traitement des saumures.

# CONCLUSION GENERALE

## *Conclusion générale*

---

Ce stage d'ingénieur que nous avons effectué chez CEVITAL SPA, s'est avéré très riche par la problématique traitée sur l'automatisation globale du poste de récupération et de traitement des saumures, mais également par l'expérience acquise sur le plan humain et technique.

Tout d'abord, ce stage nous a permis de découvrir le monde industriel sur un projet à réaliser dans un temps imparti. Pour ce faire, on a été formé aux procédés de production et raffinage du sucre, qui par la précision exigée sur le produit final, demeure un processus long et très complexe.

D'autre part, la fonction occupée au sein du service technique nous a permis d'approfondir nos connaissances théoriques dans le domaine de l'automatisme industriel, de découvrir de nouvelles technologies associées aux commandes décentralisées ou télé-conduites (maintenance à distance). De plus, nos compétences sur les solutions d'automatisations de SIEMENS, en particulier le logiciel STEP7, ont permis une prise en main rapide et efficace dans la conduite de ce projet. Ce logiciel possédant une flexibilité essentielle pour la gestion de stations complexes. Ce travail nous a permis de conforter nos attentes sur l'importance de la supervision dans le domaine de l'automatisme industriel.

Le travail réalisé au cours de ce stage a permis de mettre en place une solution complète pour automatiser le poste de récupération et traitement des saumures. CEVITAL possède maintenant une solution répondant aux attentes du projet, à savoir de contrôler le processus de façon autonome et de bénéficier d'une flexibilité de travail plus importante, par exemple les changements futurs sur le poste seront mieux anticipés. D'une manière générale, l'automatisation du poste a permis une meilleure fluidité de la ligne de production, de mettre en place un écran de supervision des pannes et dysfonctionnement, de réduire la détection de ces pannes et ainsi accroître la rentabilité du système global.

Au-delà d'enrichir nos connaissances dans les différents domaines techniques que requière cette expérience professionnelle, ce stage nous a beaucoup apporté au niveau des connaissances personnelles. La gestion d'un tel projet favorisant le travail en équipe, tout en exigeant une grande autonomie, nous a permis d'apprécier le déroulement de ce projet.

D'un point de vue global, ce stage aura été une partie de plaisir, bénéficiant d'une entreprise dynamique et accueillante. Il nous aura également apporté un enrichissement humain et scientifique, cela dans un domaine qui nous intéresse grandement.

## **Bibliographie**

- [1]- **Alain.GONZAGA : « Les automates programmables ».**
- [2]- **Documentation technique JACIR CEVITAL.**
- [3]- **Documentation technique NOVASEP CEVITAL.**
- [4]- **Documentation technique SIEMENS.**
- [5]- **Documentation technique SITRANS SIEMENS.**
- [6]- **Documents « techniques de l'ingénieur ».**
- [7]- **George Asch et collaborateurs, « les capteurs en instrumentation industrielle »  
Edition Dunod 1999.**
- [8]- **Guy GAUTHIER. (juillet 2001) modifié par Pascal CÔTE « comment programmer  
avec STEP7 ».**
- [9]- **Informations fournies par l'équipe de la raffinerie du sucre de CEVITAL.**
- [10]- **L.A.BRYAN & E.A.BRYAN « Programmable Controllers Theory and  
Implementation » second edition.**
- [11]- **Logiciel de programmation STEP7 v5.5.**
- [12]- **Logiciel de supervision WinCC flexible 2008 SP3.**
- [13]- **Manuel opératoire décoloration MN-SS-01.**
- [14]- **Philippe LE BRUN « Automates programmables industriels ».**
- [15]- **P.M.BLEUX « automatismes industriels » Edition Nathan 1996.**
- [16]- **Site internet : [www.cevital.dz](http://www.cevital.dz) .**
- [17]- **Site internet : [www.siemens.com](http://www.siemens.com) .**
- [18]- **Site internet : [www.wikipédia.com](http://www.wikipédia.com)**



## Glossaires

### ° Baumé

Le degré Baumé est une unité de mesure indirecte de concentration, via la densité, sa formule est :  $^{\circ}\text{Bé} = 145 - (145000/\text{masse volumique}) = 145 - (145/\text{densité})$

### Résine

Appelées aussi échangeur d'ions est un électrolyte contenant donc des cations, des anions et un solvant qui est l'eau. Un des ions est lié à une matrice insoluble et l'autre ion de signe opposé est immobile. Il électro-neutralité lu mélange.

### Brix

Le brix est le rapport entre la quantité de matières sèches contenues dans la solution et la quantité de solution, sa formule est :  $\text{Brix} = \frac{\text{Qté de matières sèches}}{\text{Quantité de solution}} \times 100$

### Icumsa

Unité ICUMSA = densité optique (DO) à 420nm, rapportée à une concentration de 1% (brix =1), sous une épaisseur de la cuve de 1 cm et multipliée par 1000

### Nochères

Conduite formées en deux ou trois planches et destinée à l'écoulement de l'eau d'un toit ; par exemple, gouttière permettant l'écoulement d'un liquide quelconque.